

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 9 月 9 日 (09.09.2005)

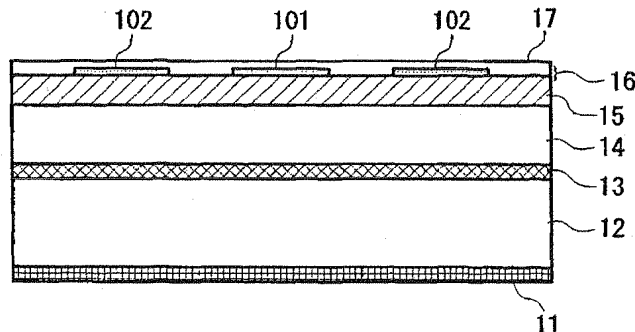
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/084097 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H05K 9/00, H01Q 17/00 (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA, Masatake et al.); 〒1048453 東京都中央区八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/003194
- (22) 国際出願日: 2005 年 2 月 25 日 (25.02.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2004-055051 2004 年 2 月 27 日 (27.02.2004) JP
特願 2004-265233 2004 年 9 月 13 日 (13.09.2004) JP
特願 2004-371225 2004 年 12 月 22 日 (22.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱瓦斯化学株式会社 (MITSUBISHI GAS CHEMICAL CO., INC.) [JP/JP]; 〒1000005 東京都千代田区丸の内 2 丁目 5 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 増田 義行 (MA-SUDA, Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒1250051 東京都葛飾区新宿 6 丁目 1 番 1 号 三菱瓦斯化学株式会社 東京研究所内 Tokyo (JP). 大谷 昇 (OTANI, Noboru) [JP/JP]; 〒1250051 東京都葛飾区新宿 6 丁目 1 番 1 号 三菱瓦斯化学株式会社 東京研究所内 Tokyo (JP). 中野 久松 (NAKANO, Hisamatsu) [JP/JP]; 〒1870021 東京都小平市上水南町 4 丁目 6 番 7-1 〇 1 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: RADIO WAVE ABSORBER AND RADIO WAVE ABSORBER MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 電波吸収体および電波吸収体の製造方法



(57) Abstract: A radio wave absorber for preventing communication jamming such as by reflection of an electromagnetic wave. The radio wave absorber can be made thin and lightweight and has a damping characteristic in a wide band. The radio wave absorber is characterized in that it has a structure in which sequentially formed are a lattice-like conductive layer (11) of a conductor, a first dielectric layer (12), high-resistance conductive layer (13) having a surface resistivity in a predetermined range, a second dielectric layer (14), and a pattern layer (16) having patterns (101, 102) of a conductor and in that the patterns of the pattern layer (16) are different from the adjacent ones at least in size or shape.

[続葉有]



(57) 要約:

本発明は、電磁波の反射などによる通信妨害を防止し、薄型化および軽量化が可能であり、且つ、広帯域な減衰特性を有することを目的とする。本発明の電波吸収体は、導電体からなる格子状導体層（１１）と、第１誘電体層（１２）と、所定範囲の表面抵抗率を有する高抵抗導体層（１３）と、第２誘電体層（１４）と、導電体からなるパターン（１０１，１０２）を複数有するパターン層（１６）とを順次積層した構造を有し、パターン層（１６）における各パターンは、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状のうちの少なくとも一方が異なることを特徴とする。

明 細 書

電波吸収体および電波吸収体の製造方法

技術分野

- [0001] 本発明は、電波吸収体および電波吸収体の製造方法に関するものである。また、本発明は、電磁波の反射等による通信障害を防止でき、かつ薄型化および軽量化が可能な電波吸収体および電波吸収体の製造方法に関するものである。

本願は、2004年2月27日に出願された特願2004-55051号、2004年9月13日に出願された特願2004-265233、及び2004年12月22日に出願された特願2004-371225号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

- [0002] 近年、携帯電話、無線LAN (Local Area Network) およびITS (Intelligent Transport Systems)などの無線通信システムの発達により、通信情報の保護および混信・誤通信の防止をする必要が生じている。主に通信情報の保護を目的とする場合には、外来電波の遮蔽と通信機器自身からの放射電波の遮蔽の為に、電磁波シールド材による室内外の電波を遮断することが行われている。しかし、この場合には通信機器自身からの放射電波が反射により室内に残ることになり、その反射波と所望の通信電波との干渉による通信品質の劣化を引き起こすことがある。このような通信品質の劣化および混信・誤通信などの通信障害を防止する為には、電磁波を吸収して熱に変換するような電波吸収体が用いられている。
- [0003] このような電波吸収体には、一般に電磁波のエネルギーを熱に変換し消費することができる材料が用いられるが、それは磁性損、誘電体損、オーム損を持ち得る材料とすることができる。電波吸収体としては、フェライト又は軟磁性金属などの磁性粉末をゴム又はプラスチックなどの絶縁マトリックスに混合分散させて、シート状又はブロック状に成型加工したものが考え出されている(例えば、特許文献1参照)。
- [0004] また、電波吸収体としては、カーボンブラックなどの誘電損失粉末を発泡ポリウレタンなどに含浸させ、ピラミッド状又は楔状に加工したものも考え出されている(例えば、特許文献2参照)。

[0005] また、電波吸収体としては、反射体から $\lambda/4$ (λ :特定の周波数における電波の波長)離れた位置に自由空間の特性インピーダンスである 377Ω にほぼ等しい抵抗膜を設置した $\lambda/4$ 型と呼ばれるものなども考え出されている(例えば、特許文献3参照)。

[0006] また、複数の導電性パターンが規則的に配置された周期パターンを吸収体表面に形成して軽量化および薄型化を図った電波吸収体(例えば、特許文献4参照)、更には、複数の導電性ループパターンが規則的に配置された周期ループパターンを吸収体表面に形成して、軽量化、薄型化および斜め方向からの電波吸収特性の改善を図った電波吸収体も考え出されている(例えば、特許文献5参照)。

特許文献1:特開2001-308584号公報

特許文献2:特開平10-051180号公報

特許文献3:特開平05-335832号公報

特許文献4:特許第3209453号公報

特許文献5:特開2001-352191号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1にあるような、フェライト又は軟磁性金属などの磁性粉末をゴム又はプラスチックなどの絶縁マトリックスに混合分散させて成型加工した電波吸収体においては、比較的厚さの薄い吸収体が形成可能であるが、高い電波吸収性能を求める場合にはある程度の厚さが必要となり、比重の大きな材料を用いることになる為にその重量が大きくなってしまふといった問題点を有している。

[0008] 次に、特許文献2にあるような、カーボンブラックなどの誘電損失粉末を発泡ポリウレタンなどに含浸させて加工した電波吸収体においては、基本的にその吸収性能が厚さに依存するため、所望の性能を得る為にピラミッド状又は楔状にする工夫あるいは吸収方向に対するかなりの厚さが必要となるといった問題点を有している。

[0009] また、特許文献3にあるような、反射体から $\lambda/4$ 離れた位置に自由空間の特性インピーダンスである 377Ω に近い値の抵抗膜を設置した $\lambda/4$ 型と呼ばれる電波吸収体においては、光学的に透明な抵抗膜を用いることにより透明電波吸収体が作製

可能である。しかし、特許文献3に記載されている電波吸収体では、原理的に特定の周波数における $\lambda/4$ の厚さが必要であり、また電波の入射角度によって電波吸収特性が変動してしまうという点で問題を有している。

[0010] 更に、特許文献4には、これら従来の電波吸収体に比べて軽くて薄いものとして、複数の導電性パターンが規則的に配置された周期ループパターン、損失材料を含有する中間樹脂層および導電性反射層からなる電波吸収体について記載されている。しかし、特許文献4に記載されている電波吸収体では、 $\lambda/4$ 型と同様に電波の入射角度によって電波吸収特性(周波数)が変動してしまうという点で問題を有している。

[0011] また更に、特許文献5には、これら従来の電波吸収体に比べて軽くて薄いものとして、複数の導電性ループが規則的に配置された周期ループパターン、中間層および導電性反射層からなり、その厚さが吸収対象波長の0.027倍以上である電波吸収体について記載されている。しかし、特許文献5に記載されているような単一の大きさのパターンを周期的に並べた構造の電波吸収体においては、入射角度による電波吸収特性(周波数)の変動は抑止される一方、周波数帯域が限定され非常に狭帯域な特性となってしまう作製時の特性変動の点で問題を有している。

[0012] 本発明は、このような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、電磁波の反射などによる通信障害を防止できるだけの反射減衰能力を有し、薄型化および軽量化が可能であり、且つ、電波の入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体および電波吸収体の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上記課題を解決するため、本発明の電波吸収体は、導電体からなる全面導体層(11)と、第1誘電体層(12)と、所定範囲の表面抵抗率(シート抵抗値)を有する高抵抗導体層(13)と、第2誘電体層(14, 15)と、導電体からなる(ループ)パターンを複数有するパターン層(16)とを順次積層した構造を有し、前記パターン層(16)における各パターンは、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状のうちの少なくとも一方が異なることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、パターン層(16)のパターンがアンテナとして機能

し、各パターンはサイズ又は形状が異なるので、広帯域の電波を受信できる。その受信の際に誘電体層(12, 14, 15)への電磁波の漏れが生じ、第1誘電体層(12)と第2誘電体層(14, 15)の間に設けられた抵抗損失層である高抵抗導体層(13)により電磁波を熱に変換して消費することができる。したがって、本発明の電波吸収体は、軽量薄型としながら、従来にない広帯域な反射減衰特性を得ることができる。

- [0014] また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層(16)におけるパターンがループ形状をしたループパターンからなり、前記ループパターンは、該ループパターンの中心線での長さである中心線長(C1, C2, C3)に対して5パーセントから25パーセントの値の線幅を有する形状の導体からなり、前記ループパターンの中心線長(C1, C2, C3)は、吸収対象とする電磁波の実効波長(λ_g , 式1参照)の60パーセントから140パーセントの長さであり、前記パターン層(16)における任意の一つのループパターンと該ループパターンに隣接する他のループパターンとは、前記中心線長(C1, C2, C3)が異なることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、ループパターンが受信する電波の周波数帯域を吸収対象の電波に合わせることができ、広帯域な反射減衰特性を得ることができる。したがって、本発明の電波吸収体によれば、電磁波の反射などによる通信障害などを効果的に防止することができる。

[式1]

$$\lambda_g = \lambda_0 \times \sqrt{2 / (\epsilon_r + 1)} \quad (\lambda_0: \text{自由空間波長}, \epsilon_r: \text{基板の比誘電率})$$

- [0015] また、本発明の電波吸収体は、前記ループパターンの中心線長(C1, C2, C3)が吸収対象とする電磁波の電磁波の実効波長(λ_g)の60パーセントから140パーセントの長さであり、前記パターン層(16)における任意の一つのループパターンと該ループパターンに隣接する他のループパターンとは、形状が異なることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、大きさ(サイズ)又は形状の異なるループパターンの集合体を形成する構成により、軽量薄型でありながら、広帯域な反射減衰特性を得ることが可能となる。ここで、各ループパターンは、閉ループであってもよいし、一部が途切れた開ループであってもよい。また、各ループパターンの形状は、円形、方形、多角形など、任意の形状を適用することができる。

[0016] また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層(16)における少なくとも一つの前記ループパターンが、ループ形状の線路の一部に突起形状(例えば線状パターン)を設けた形状となっていることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、前記突起形状(例えば線状パターン)の大きさ、形状又は配置を調整することにより、反射減衰特性の高い周波数(波長)および帯域を簡便に調整することができ、吸収対象とする電磁波を効果的に吸収できる高性能な電波吸収体を簡便に提供することができる。

[0017] また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層(16)におけるループパターンが、複数の形状又は大きさが異なるループパターンの集合体を一つのユニットとして、該ユニット間のスペースを所定の間隔に配置したものとなっていることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、軽量薄型でありながら、広帯域な反射減衰特性を得ることが可能な大面積の電波吸収体を簡便に実現することができる。

[0018] また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層(11)およびパターン層(16)の少なくとも一方の表面側に保護層(17)を積層した構成を有することを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、保護層(17)が全面導体層(11)又はパターン層(16)における導体(例えば金属)の導電率変化(例えば酸化)を防止でき、ハードコートとして機能することもできる。したがって、製品寿命の長い電波吸収体を提供することができる。

[0019] また、本発明の電波吸収体は、前記高抵抗導体層(13)の表面抵抗率が $100[\Omega/\square]$ から $100[k\Omega/\square]$ の範囲内であることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、電磁波を熱に変換して消費する作用を高めることができ、軽量化および薄型化を図りながら反射減衰能力を高めることができる。

[0020] また、本発明の電波吸収体は、前記第1誘電体層(12)と第2誘電体層(14, 15)との厚さの比が、0.1から10の範囲内であることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、電磁波を熱に変換して消費する作用を高めることができ、軽量化および薄型化を図りながら反射減衰能力を高めることができる。

[0021] また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層(11)が表面抵抗率(シート抵抗値) $10[\Omega/\square]$ 以下の低抵抗導体層となっていることを特徴とする。前記低抵抗導体の

材料としては、ITO(酸化インジウム錫)などの導電性酸化物を用いてもよいし、金属微粒子を含有する導電性ペーストから形成してもよい。

[0022] また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層(11)が、格子状のパターンにより構成されている格子状導体層であることを特徴とする。ここで、前記格子状導体層は、線路幅が $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、線路中心間隔が吸収対象とする電磁波の実効波長(λ_g)の $1/16$ 以下であることが好ましい。

[0023] また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層(11)、高抵抗導体層(13)およびパターン層(16)に用いる導電体が、(導電性酸化物又は導電性有機化合物などの)光学的に透明な導電性材料からなり、前記第1、第2誘電体層および保護層は、光学的に透明な誘電体材料からなることを特徴とする。ここで、前記全面導体層(11)は、ITO(酸化インジウム錫)などの透明導電性酸化物を用いてもよいし、線路幅が $100\mu\text{m}$ 以下で、線路中心間隔が吸収対象とする電磁波の実効波長(λ_g)の $1/16$ 以下である格子状導体層を用いる場合には、不透明な(金属などの)導電体を用いることができる。

本発明の電波吸収体によれば、従来の $\lambda/4$ 型透明電波吸収体に比べて、厚さの薄い透明電波吸収体を提供することができる。

[0024] また、本発明の電波吸収体は、前記高抵抗導体層(13)、第1誘電体層(12)および第2誘電体層(14, 15)のうち少なくとも一つの層が導電性酸化物を含有する誘電体材料からなることを特徴とする。ここで、前記導電性酸化物としては、ITO(酸化インジウム錫)に比べて安価なATO(酸化アンチモン錫)を含有する誘電体材料からなることが好ましい。本発明の電波吸収体によれば、従来の $\lambda/4$ 型透明電波吸収体に比べて、薄型化しながら反射減衰能力を高めることができる。

[0025] また、本発明の電波吸収体は、前記高抵抗導体層(13)、第1誘電体層(12)および第2誘電体層(14, 15)のうち少なくとも一つの層が導電性カーボン粉末を含有する誘電体材料からなることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、導電性カーボン粉末を含有する誘電体材料がパターン層(5)で受信された電磁波についての損失材料としてより効果的に機能することができ、導電性酸化物に比べて安価に、反射減衰量の増加が可能となると共に、

薄型化による軽量化が可能となる。

[0026] また、本発明の電波吸収体は、前記高抵抗導体層(13)、第1誘電体層(12)および第2誘電体層(14, 15)のうち少なくとも一つの層が導電性カーボン粉末を含有する発泡誘電体材料からなることを特徴とする。ここで、前記高抵抗導体層(13)のみに発泡誘電体材料を適用し、第1誘電体層(12)および第2誘電体層(14, 15)を支持層として利用することも可能である。本発明の電波吸収体によれば、反射減衰量の増加が可能となると共に、更なる軽量化が可能となる。

[0027] また、本発明の電波吸収体は、前記高抵抗導体層(13)、第1誘電体層(12)および第2誘電体層(14, 15)のうち少なくとも一つの層が導電性カーボン粉末を含有する誘電体材料からなり、該高抵抗導体層(13)、第1誘電体層(12)および第2誘電体層(14, 15)におけるカーボン粉末含有量が異なることを特徴とする。本発明の電波吸収体によれば、反射減衰量の増加が可能となると共に、更なる薄型化による軽量化が可能となる。

[0028] 上記課題を解決するため、本発明の電波吸収体は、少なくとも、導体からなる全面導体層(2011)と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層(2012)と、前記全面導体層よりも抵抗率が高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層(2013)と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層(2014, 2015)と、導体からなるパターンを複数有するパターン層(2016)とを有することを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、パターン層のパターンがアンテナとして機能して電波を受信し、その受信の際に第2誘電体層への電磁波の漏れが生じる。この漏れた電磁波は、第1誘電体層との間に設けられた高抵抗導体からなる線状パターン抵抗層により熱に変換されて消費される。また、パターン層を一旦通り抜けた電波であっても、パターン層、第2誘電体層、線状パターン抵抗層及び第1誘電体層を透過した電波は、その後、全面導体層で全反射などしてパターン層で受信され、線状パターン抵抗層で熱に変換されて消費される。これらにより、本発明の電波吸収体は、電波を吸収して消費することができる。したがって、本発明は、電磁波の反射などによる通信障害を防止できるだけの反射減衰能力を有し、薄型化および軽量化が可能であり

、且つ、電波の入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体を提供することができる。

[0029] また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層(2011)と、前記第1誘電体層(2012)と、前記線状パターン抵抗層(2013)と、前記第2誘電体層(2014、2015)と、前記パターン層(2016)とを当該順序で積層したことを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、最表層のパターン層で良好に電磁波を受信することができる。そして、パターン層と第2誘電体層とが接しているので、パターン層が受信した電磁波の第2誘電体層への漏れを大きくすることができる。また、第2誘電体層と線状パターン層とが接しているので、第2誘電体層に漏れた電磁波を線状パターン層が効率良く熱に変換することができる。したがって、本発明の電波吸収体は、効率よく電磁波を吸収することができるので、電磁波の反射などによる通信障害を防止できるだけの反射減衰能力を有し、薄型化および軽量化が可能であり、且つ、電波の入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体を提供することができる。

[0030] また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層(2031)と、前記第1誘電体層(2032、2033)と、前記パターン層(2034)と、前記第2誘電体層(2035)と、前記線状パターン抵抗層(2036)とを当該順次で積層したことを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、パターン層のパターンがアンテナとして機能して電波を受信し、その受信の際に、パターン層に第2誘電体層を介して接している線状パターン抵抗層が電磁波を熱に変換して消費することができる。

[0031] また、本発明の電波吸収体は、少なくとも、導体からなるパターンが格子状に形成された格子状導体層(2041)と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層(2042)と、前記格子状導体層を形成する導体よりも抵抗率の高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層(2043)と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層(2044)と、導体からなるパターンを複数有するパターン層(2045)とを、当該順序で積層した構造を有することを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、格子状導体層において電波を全反射などすることができる。そこで、パターン層で受信されなかった電波であっても、パターン層、第2誘電体層、線状パターン抵抗層及び第1誘電体層を透過した電波は、その後、格子

状導体層で全反射してパターン層で受信され、線状パターン抵抗層で熱に変換されて消費される。これらにより、本発明は、電磁波の反射などによる通信障害を防止できるだけの反射減衰能力を有し、薄型化および軽量化が可能な電波吸収体を提供することができる。

- [0032] また、本発明の電波吸収体は、前記線状パターン抵抗層が、高抵抗導体からなる線状パターンが交差したものと、前記線状パターンが六角形のハニカム形状をなしたものと、のいずれかからなることを特徴とする。

本発明によれば、たとえば高抵抗導体からなる線状パターンが交差して格子状をなしたもので、線状パターン抵抗層を構成することができる。また、本発明によれば、例えば平面形状がハニカム形状となっているパターン、換言すれば、六角形の目を持つ網を平面に敷いたようなパターンからなる線状パターン抵抗層を構成することができる。そこで、本発明は、電磁波について効率よく熱に変換できる線状パターン抵抗層を備えた電波吸収体を提供することができる。

- [0033] また、本発明の電波吸収体は、前記線状パターン抵抗層をなす高抵抗導体は、体積抵抗率が $1.0 \times 10^{-4} [\Omega \text{ cm}]$ 以上、 $1.0 \times 10^{-1} [\Omega \text{ cm}]$ 以下のものであることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、パターン層で受信されて、誘電体層へ漏れた電磁波について、線状パターン抵抗層の高抵抗導体によって高い効率で熱に変換することができる。したがって、本発明は、電磁波に対して高い減衰特性を備えた電波吸収体を提供することができる。

- [0034] また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層、パターン層、線状パターン抵抗層及び格子状導体層のうちの少なくとも1つが、複数の線状パターンを有するとともに、隣り合う前記線状パターンの中心間隔である線路中心間隔が吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下であることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、所望の波長の電磁波について、通信障害を防止できるだけの反射減衰能力を有し、薄型化および軽量化が可能な電波吸収体を提供することができる。

- [0035] また、本発明の電波吸収体は、前記線状パターン抵抗層の幅である線路幅が、10

0 μ m以下であることを特徴とする。

本発明によれば、遠目に透明でありながら、高性能な電波吸収体を提供することができる。

[0036] また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層における各パターンが、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状のうちの少なくとも一方を異なる形状となっていることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、広帯域な反射減衰特性を備えることができ、且つ、所望波長の電磁波の入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体を提供することができる。

[0037] また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層における各パターンが、円形、矩形、多角形又はこれら形状を外形とするループ形状のいずれかの形状と、該いずれかの形状に突起形状を付加した形状と、のうちの少なくとも一方からなることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、吸収対象とする電波の波長及び帯域の広さなどに応じてパターン層の各パターンの形状を設定することにより、所望波長及び所望帯域の電波について高効率で吸収することができる。したがって、本発明の電波吸収体によれば、電磁波の反射などによる通信障害などを効果的に防止することができる。

[0038] また、本発明の電波吸収体は、積層構造における表面および裏面の少なくとも一方に積層された保護層を有することを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、電波吸収体の表面又は裏面に保護層を配置した構造とすることができる。そこで、全面導体層及び格子状導体層などの電波反射層、線状パターン抵抗層、パターン層又は第2誘電体層の少なくとも一方の表面側に保護層を積層することにより、各層における導体(例えば金属)の導電率変化(例えば酸化)を防止することができる。また、保護層により、ハードコート又はUVカットなどの機能を付与することもできる。したがって、本発明によれば、製品寿命の長い電波吸収体を提供することができる。

[0039] また、本発明の電波吸収体は、構成要素の全ての前記層を透明又は半透明にした

ことを特徴とする。

本発明によれば、例えば遠目に透明な電波吸収体を提供することができる。ここで、全面導体層、パターン層又は線状パターン抵抗層などは、ITO(酸化インジウム錫)又はATO(酸化アンチモン)などの透明導電性酸化物を用いてもよい。また、格子状又はハニカム状の細線材料を用いて、全面導体層、パターン層又は線状パターン抵抗層などを構成してもよい。そして、第1誘電体層、第2誘電体層及び保護層などに透明な材料を用いる。これらにより、透明又は半透明な電波吸収体を構成することができる。

また、細線材料を用いて全面導体層、パターン層又は線状パターン抵抗層などを構成した場合は、細線材料の線路中心間隔が吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下であることが好ましい。また、視認性の面から考えると、細線材料の線路幅は $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。このような構成によって、遠目に透明な電波吸収体を実現できるとともに、電磁波に対して面状導体又は面状抵抗体として機能する層を備え電磁波吸収特性が優れた電波吸収体を実現することができる。

[0040] また、本発明の電波吸収体は、電磁波を反射する電波反射層と、前記吸収対象とする波長の電磁波についてアンテナとして受信するアンテナ層と、前記アンテナ層の上側又は下側に少なくとも配置されている誘電体層と、前記アンテナ層が電磁波を受信したときに前記誘電体層に漏れた電磁波を熱に変換して消費する抵抗層とを有することを特徴とする。

ここで、電波反射層として、前記全面導体層(2011, 2021, 2031)、格子状導体層(2041)などを適用することができる。アンテナ層としては、前記パターン層(2016, 2027, 2034, 2045)などを適用することができる。誘電体層としては、前記第1誘電体層(2012, 2023, 2024, 2032, 2033, 2042)又は第2誘電体層(2014, 2015, 2026, 2035, 2044)などを適用することができる。抵抗層としては、前記線状パターン抵抗層(2013, 2025, 2036, 2043)などを適用することができる。

本発明の電波吸収体によれば、吸収対象とする電磁波についてアンテナ層で効率よく受信でき、その受信の際に誘電体層へ漏れた電磁波について、抵抗層で効率よく熱に変換することができる。また、アンテナ層を一旦通り抜けた電磁波を電波反射

層で反射させて、その反射した電磁波をアンテナ層で受信して、抵抗層で熱に変換することもできる。これらにより、本発明は、通信障害を防止できるだけの反射減衰能力を有し、薄型化および軽量化が可能であり、且つ、電波の入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体を提供することができる。

- [0041] 本発明の電波吸収体の製造方法は、電磁波を反射する導体からなる電波反射層(2011)と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層(2012)と、前記電波反射層よりも抵抗率が高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層(2013)と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層(2014、2015)と、導体からなるパターンを複数有するパターン層(2016)とを積層する工程を有するとともに、前記線状パターン抵抗層の線状パターンについて、スクリーン印刷法を用いて形成する工程を有することを特徴とする。

本発明によれば、真空装置を使用せずに安価に、線状パターン抵抗層を形成することができる。また、線状パターン抵抗層の線状パターンにおける線幅と線間隔を調整することにより、任意の面抵抗の抵抗層(線状パターン抵抗層)を形成することができる。また、抵抗率の安定した材料を使用することで加工精度に応じた面抵抗精度の抵抗層を形成することができる。

- [0042] また、本発明の電波吸収体の製造方法は、電磁波を反射する導体からなる電波反射層(2011)と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層(2012)と、前記電波反射層よりも抵抗率が高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層(2013)と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層(2014、2015)と、導体からなるパターンを複数有するパターン層(2016)とを積層する工程を有するとともに、前記線状パターン抵抗層の線状パターンについて、インクジェット法を用いて形成する工程を有することを特徴とする。

本発明によれば、真空装置を使用せずに安価に、線状パターン抵抗層を形成することができる。また、インクジェット法によって線状パターン抵抗層を形成するとき、線状パターンとする領域にのみ高抵抗導体となる液状体を塗布するので、エッチングなどが不要となる。したがって、エッチングなどで無駄となる高抵抗導体を無くすことができ、さらに製造コストを低減することができる。また、線状パターン抵抗層の形成に

ついでにマスクパターン等の設計・製造も不要となるので、さらに製造コストを低減することができる。

- [0043] 上記課題を解決するため、本発明の電波吸収体は、少なくとも、導体からなる全面導体層(3011)と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層(3012)と、導電粉末を含有した誘電体からなる面状抵抗層(3013)と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層(3014)と、導体からなるパターンを複数有するパターン層(3015)とを有することを特徴とする。なお、本発明の電波吸収体は、当該順序で積層することが好ましい。

本発明の電波吸収体によれば、パターン層のパターンがアンテナとして機能して電波を受信し、その受信の際に第1又は第2誘電体層などへの電磁波の漏れが生じる。この漏れた電磁波は、面状抵抗層により熱に変換されて消費される。また、パターン層で受信されなかった電波であっても、パターン層、第1及び第2誘電体層及び面状抵抗層を透過した電波は、その後、全面導体層で全反射などしてパターン層で受信され、面状抵抗層で熱に変換されて消費される。これらにより、本発明の電波吸収体は、電波を吸収して消費することができる。したがって、本発明は、電磁波の反射などによる通信障害を防止できるだけ反射減衰能力を有し、薄型化および軽量化が可能であり、且つ、電波の入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体を提供することができる。

本発明の電波吸収体によれば、第1誘電体層と第2誘電体層とを面状抵抗層によって接着した構造を有するものとすることができる。また、パターン層で電波が受信されるとともに、電磁波の第2誘電体層への漏れが生じたときに、その漏れた電磁波を面状抵抗層が熱に変換して消費することができる。これらにより、本発明は、容易に製造することができ、且つ、高性能な電波吸収体を提供することができる。

- [0044] また、本発明の電波吸収体は、前記面状抵抗層(3013)が、エポキシ樹脂に、カーボン、銀、ニッケル等の導電粉末を分散させてガラスクロスに含浸させた材料からなることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、面状抵抗層が電磁波を熱に変換する面状の抵抗体としての機能と、第1誘電体層と第2誘電体層などとを接着させる接着層としての機

能を併せ持つことができる。そこで、本発明は、容易に製造することができて製造コストの低減化が図れ、且つ、高性能な電波吸収体を提供することができる。

[0045] また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層における各パターンが、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状のうちの少なくとも一方が異なることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、広帯域な反射減衰特性を備えることができ、且つ、所望波長の電磁波の入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体を提供することができる。

[0046] また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層における各パターンが、円形、矩形、多角形又はこれら形状を外形とするループ形状のいずれかの形状と、該いずれかの形状に突起形状を付加した形状と、のうちの少なくとも一方からなることを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、吸収対象とする電波の波長及び帯域の広さなどに応じてパターン層の各パターンの形状を設定することにより、所望波長及び所望帯域の電波について高効率で吸収することができる。したがって、本発明の電波吸収体によれば、電磁波の反射などによる通信障害などを効果的に防止することができる。

[0047] また、本発明の電波吸収体は、積層構造における表面および裏面の少なくとも一方に積層された保護層を有することを特徴とする。

本発明の電波吸収体によれば、電波吸収体の表面又は裏面に保護層を配置した構造とすることができる。そこで、本発明の電波吸収体をなす積層構造における少なくとも一方の露出面側に保護層を積層することにより、各層における導体(例えば金属)の導電率変化(例えば酸化)を防止することができる。また、保護層により、ハードコート又はUVカットなどの機能を付与することもできる。したがって、本発明によれば、製品寿命の長い電波吸収体を提供することができる。

[0048] 本発明の電波吸収体の製造方法は、導体からなる全面導体層(3011)と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層(3012)と、導電粉末を含有した誘電体からなる面状抵抗層(3013)と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層(3014)と、導体からなるパターンを複数有するパターン層(3015)とを積層する工程を有すると

ともに、前記面状抵抗層(3013)について、該面状抵抗層(3013)を挟んで前記第1誘電体層(3012)と前記第2誘電体層(3014)とを接着するプリプレグとして形成する工程を有することを特徴とする。

本発明によれば、例えば、第1及び第2誘電体層を2枚のガラスエポキシ基板などで形成したとき、そのガラスエポキシ基板同士を、導電粉末などを樹脂に含侵させたプリプレグをなす面状抵抗層で接着することができる。なお、プリプレグとは、ガラスクロスにエポキシ樹脂を含侵させて途中まで硬化させたシートである。そして、プリプレグは、金属に比べて、軽量化、高強度、高剛性を実現できる材料である。したがって、面状抵抗層を形成することにより、電磁波を熱に変換する層の形成工程と、第1誘電体層と第2誘電体層などとを接着する工程とをほぼ同時に実行することもできる。そこで、本発明の製造方法によれば、製造コストの低減化が図れ、且つ、高性能な電波吸収体を製造することができる。

[0049] また、本発明の電波吸収体の製造方法は、エポキシ樹脂に、カーボン、銀、ニッケル等の導電粉末を分散させたものを、ガラスクロスに含侵させる工程を少なくとも用いて、前記面状抵抗層(3013)を形成することを特徴とする。

本発明によれば、電磁波を熱に変換する層としての機能と、第1誘電体層と第2誘電体層などとを接着する層としての機能と、軽量化、高強度、高剛性などを実現するプリプレグとしての機能とを併せもつ面状抵抗層を、形成することができる。そこで、本発明の製造方法によれば、製造コストの低減化が図れ、且つ、高性能な電波吸収体を製造することができる。

[0050] 上記課題を解決するため、本発明の電波吸収体は、少なくとも、導電体からなる全面導体層(11, 21)と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層(12, 22)と、所定範囲の表面抵抗率(シート抵抗値)を有する高抵抗導体層(13, 23)と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層(14, 15, 24, 25)と、導電体からなる(ループ)パターンを複数有するパターン層(16, 26)とを順次積層した構造であることを特徴とする。

また、本発明の電波吸収体は、前記全面導体層(11, 21)およびパターン層(16, 26)の少なくとも一方の表面側に保護層(10, 20)を積層した構成とすることが好まし

い。

また、本発明の電波吸収体は、前記パターン層(16, 26)における各パターンが、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状のうちの少なくとも一方が異なる構造をとることが好ましい。

本発明の電波吸収体によれば、パターン層(16, 26)のパターンがアンテナとして機能して電波を受信する。その受信の際には、誘電体層(12, 14, 15, 22, 24, 25)への電磁波の漏れが生じる。このとき、誘電体層(12, 14、又は、22, 24)の間に設けられた抵抗損失層である高抵抗導体層(13, 23)により、電磁波を熱に変換して消費することができる。また、各パターンがサイズ又は形状が異なる構造をとることにより、広帯域の電波を受信できる。したがって、本発明の電波吸収体は、軽量薄型で、広帯域な反射減衰特性を得ることができる。

[0051] また、本発明の高抵抗導体層(13, 23)の表面抵抗率(シート抵抗)としては、 $100[\Omega/\square]$ から $100[k\Omega/\square]$ の範囲内であることが好ましい。

[0052] また、本発明の高抵抗導体層(13, 23)を構成する抵抗損失材料としては、カーボンを含む導電性材料や、導電性酸化物材料であるITO(酸化インジウム錫)や、ATO(酸化アンチモン錫)等を用いることができる。

[0053] また、本発明の電波吸収体は、パターン層(16, 26)における各パターンが、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状とのうちの少なくとも一方が異なる構造が好ましい。この構造において、各パターンの形状は、円形、方形、多角形など、任意の形状を適用することができる。

また、本発明の電波吸収体は、上記のようなパターンの一部に突起形状(例えば線状パターン)を設けることも可能である。本発明の電波吸収体は、上記のような突起形状(例えば線状パターン)の大きさ、形状又は配置を調整することにより、反射減衰特性の高い周波数(波長)および帯域を調整することができる。したがって、本発明は、吸収対象とする電磁波を効果的に吸収できる電波吸収体を提供することが可能となる。

発明の効果

[0054] 本発明によれば、電磁波の反射などによる通信障害を防止できるだけの反射減衰

能力を有し、従来の電波吸収体よりも薄型化および軽量化が可能であり、且つ、広帯域で電波の入射角に対する特性変動の少ない減衰特性を有する電波吸収体および電波吸収体の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0055] [図1]本発明の第1実施形態である電波吸収体の断面図である。
- [図2]本発明の第1実施形態の第2例である電波吸収体の断面図である。
- [図3]本発明の第1実施形態の第3例である電波吸収体の断面図である。
- [図4]同上の電波吸収体におけるパターン層の詳細を示す平面図である。
- [図5]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図6]本発明の第2実施形態である電波吸収体の断面図である。
- [図7]同上の電波吸収体におけるパターン層の詳細を示す平面図である。
- [図8]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図9]本発明の第3実施形態である電波吸収体の断面図である。
- [図10]同上の電波吸収体におけるパターン層の詳細を示す平面図である。
- [図11]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図12]本発明の第4実施形態である電波吸収体の断面図である。
- [図13]同上の電波吸収体におけるパターン層の詳細を示す平面図である。
- [図14]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図15]従来の電波吸収体(比較例1)の断面図である。
- [図16]同上の電波吸収体におけるパターン層の詳細を示す平面図である。
- [図17]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図18]従来の $\lambda/4$ 型電波吸収体(比較例2)の断面図である。
- [図19]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図20]本発明の第5実施形態である電波吸収体の部分断面図である。
- [図21]同上の電波吸収体におけるパターン層側の部分平面図である。
- [図22]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図23]本発明の第6実施形態である電波吸収体の部分断面図である。
- [図24]同上の電波吸収体におけるパターン層側の部分平面図である。

- [図25]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図26]本発明の第7実施形態である電波吸収体の部分断面図である。
- [図27]同上の電波吸収体におけるパターン層側の部分平面図である。
- [図28]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図29]本発明の第8実施形態である電波吸収体の部分断面図である。
- [図30]同上の電波吸収体におけるパターン層側の部分平面図である。
- [図31]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図32]本発明の実施形態に対する比較例3の電波吸収体の部分断面図である。
- [図33]同上の比較例3の電波吸収特性を示す図である。
- [図34]本発明の実施形態に対する比較例4の電波吸収体の部分断面図である。
- [図35]同上の比較例4の電波吸収特性を示す図である。
- [図36]本発明の第9実施形態である電波吸収体の部分断面図である。
- [図37]同上の電波吸収体におけるパターン層側の部分平面図である。
- [図38]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図39]本発明の実施形態に対する比較例5の電波吸収体の部分断面図である。
- [図40]同上の比較例5の電波吸収特性を示す図である。
- [図41]本発明の実施例1である電波吸収体の断面図である。
- [図42]同上の電波吸収体におけるパターン層の詳細を示す平面図である。
- [図43]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図44]本発明の実施例2である電波吸収体の断面図である。
- [図45]同上の電波吸収体におけるパターン層の詳細を示す平面図である。
- [図46]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図47]比較例11の電波吸収体を示す断面図である。
- [図48]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。
- [図49]比較例12の電波吸収体を示す断面図である。
- [図50]同上の電波吸収体における電波吸収特性を示す図である。

符号の説明

[0056] 10, 20・・・BT基板(保護層)

- 11...格子状導体層
- 12, 12A...ポリカーボネート基板(第1誘電体層)
- 12B...BT基板(第2誘電体層)
- 13...高抵抗導体層
- 14, 14A...ポリカーボネート基板(第2誘電体層)
- 15...BT基板(第2誘電体層)
- 16...パターン層
- 21...格子状導体層
- 22...ポリカーボネート基板(第1誘電体層)
- 23...高抵抗導体層
- 24...ポリカーボネート基板(第2誘電体層)
- 25...BT基板(第2誘電体層)
- 26...パターン層
- 31...全面導体層
- 32...ポリカーボネート基板(第1誘電体層)
- 33...誘電損失層
- 34...ポリカーボネート基板(第2誘電体層)
- 35...BT基板(第2誘電体層)
- 36...パターン層
- 41...格子状導体層
- 42...ポリカーボネート基板(第1誘電体層)
- 43...高抵抗導体層
- 44...ポリカーボネート基板(第2誘電体層)
- 45...BT基板(第2誘電体層)
- 46...パターン層
- 51...全面導体層
- 52...EPT(エチレンプロピレンゴム)層(第1誘電体層)
- 53...フェライト磁性損失層

- 54...EPT(エチレンプロピレンゴム)層(第2誘電体層)
- 55...パターン層
- 61...低抵抗ITO層
- 62...誘電体層
- 63...高抵抗ITO層
- 70, 80...BT基板(保護層)
- 71, 81...格子状導体層
- 72, 82...ポリカーボネート基板(第1誘電体層A)
- 73, 83...ポリカーボネート基板(第1誘電体層B)
- 74, 84...BT基板(第1誘電体層C)
- 75, 85...パターン層
- 101, 102, 103, 201, 202, 203, 301, 302, 303, 401, 402, 403, 601, 701, 702, 703...ループパターン
- 501...円形パッチパターン
- 103a, 203a, 303a...オープンスタブ
- 2010, 2030, 2060...BT基板(保護層)
- 2040, 2046...PET基板(保護層)
- 2047...PC基板(保護層)
- 2011, 2021, 2031, 2061, 2071...全面導体層
- 2041...格子状導体層
- 2012, 2023, 2024, 2032, 2042, 2062, 2073, 2074...PC基板(第1誘電体層)
- 2022, 2033...BT基板(第1誘電体層)
- 2013, 2025, 2036, 2043...線状パターン抵抗層
- 2014, 2035, 2044, 2063...PC基板(第2誘電体層)
- 2015, 2026, 2064, 2075...BT基板(第2誘電体層)
- 2016, 2027, 2034, 2045, 2065, 2076...パターン層
- 2101, 2102, 2103, 2201, 2202, 2203, 2301, 2302, 2303, 2401, 2402

, 2403...ループパターン
2203a, 2203b, 2303a, 2403a...オープンスタブ
3010, 3020...GE基板(保護層)
3011, 3021...全面導体層
3012, 3022...GE基板(第1誘電体層)
3013...面状抵抗層
3014, 3023...GE基板(第2誘電体層)
3015, 3024...パターン層
3101, 3102, 3103...ループパターン
3103a, 3103b...オープンスタブ

発明を実施するための最良の形態

[0057] 以下に、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照して説明する。

本実施形態の電波吸収体は、例えば、ETC (Electronic Toll Collection) システムにおける通信障害を防止する電波吸収体に好適である。ETCシステムは、5. 8GHz帯の電波を用いて、有料道路の料金所などに設置されたアンテナと自動車に搭載した端末とで通信を行い、自動車を止めずに有料道路の料金支払いなどをするシステムである。そこで、本実施形態の電波吸収体は、ETCシステムの不要電波を吸収し、かかるシステムの誤動作を回避するものとして好適である。例えば、ETCシステムを備えた料金所のゲートにおける天井(天井の下面)又はゲートの側壁面に、本実施形態例の電波吸収体を設置することが好ましい。さらには、本実施形態に記載したような透明体においては、ETCシステムを備えた料金所のETCレーン間に設置することが好ましい。

[0058] (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態である電波吸収体の概略構成を示す断面図である。本実施形態の電波吸収体は、12 μ m厚の銅箔(すなわち導電体)で形成された格子状導体層11と、第1誘電体層をなす1.7mm厚のポリカーボネート基板12と、400[Ω /□]の表面抵抗値(シート抵抗値)を有する高抵抗導体層13と、第2誘電体層Aをな

す1.3mm厚のポリカーボネート基板14と第2誘電体層Bをなす0.3mm厚のBT(ビスマレイミドトリアジン)基板15の積層体と、12 μ m厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されているパターン層16と、保護層としての0.1mm厚のPET(ポリエチレンテレフタレート)17とを順次積層した構造となっている。ここで、格子状導体層11は、線路幅50 μ m、線路中心間隔1.4mmで形成されており、電波を全反射する機能を有するものである。その線路中心間隔は電波を全反射しうだけの間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の1/16以下とすることが好ましい。あるいは格子状導体層の代わりに全面導体層を用いることもできる。また、高抵抗導体層13はITO(酸化インジウム錫)シートで構成しており、表面抵抗値(シート抵抗値)を100[Ω /□]から100[k Ω /□]の範囲としてもよい。

なお、本実施形態では、第2誘電体層として2つの異なる誘電体の積層体を設けたが、図2に示したように、第2誘電体層を一つの誘電体(ポリカーボネート基板14A)で構成することも可能であり、また、図3に示したように、第1誘電体層を2つ以上の異なる誘電体(ポリカーボネート基板12A, BT基板12B)の積層体で構成することも可能である。

[0059] 図4は、図1に示す電波吸収体の平面図であり、パターン層16の詳細な構成を示す図である。パターン層16は、BT基板15の上面に形成された複数のループパターン101, 102, 103を有して構成されている。各ループパターン101, 102, 103は、12 μ m厚の銅箔からなり、BT基板15の上面に周期的に(すなわち互いに一定の間隔をもって規則的に)配置されている。ループパターン101, 102, 103は、図4に示すように、それぞれ形状が異なっており、中心ループ長C1, C2, C3、線路幅W1, W2, W3の正方形ループとなっている。ここで、中心ループ長とは、ループパターン101, 102, 103がなす線路の長手方向の中心軸についての長さをいう(以下、同じ)。隣り合うループパターン101, 102, 103の中心点同士は、中心間隔Dだけ離れた位置に配置されている。

[0060] 更に、ループパターン103には、図4に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープンスタブ)103aを付加した構成となっている。このオープンスタブ103aは、正方形ループの一部の頂点に付加されており、線幅2.0mm、長さ2.1

mmの長方形となっており、その長方形の長手方向が正方形ループの一辺に対して45度の角度となっている。

[0061] これらのループパターン101, 102, 103を有するパターン層16は、表面に銅箔が形成されたBT基板について、通常のプリント配線板のパターニングと同様にして、フォトリソマスクと塩化第二鉄とを用いるエッチングによりパターニングして形成することができる。ループパターン101, 102, 103における各部の寸法を表1に示す。

[0062] ループパターン101, 102, 103は、それぞれの線路幅 $W1$, $W2$, $W3$ が中心ループ長 $C1$, $C2$, $C3$ に対して5パーセントから25パーセントの値とすることが好ましい。また、ループパターン101, 102, 103の線路幅 $W1$, $W2$, $W3$ は、基板パターン面における吸収対象とする電磁波の実効波長(λ_g)の60パーセントから140パーセントの長さとするのが好ましい。

[0063] 次に、上記のような構成をした本実施形態の電波吸収体が持つ電波吸収特性の測定方法について説明する。まず、測定対象(吸収対象)とする所定周波数の電波に対する反射量が -40 [dB]以下のピラミッドコーン形電波吸収体を、測定室内における壁面、床および測定面側方に設置しておく。そして、測定試料(本電波吸収体)に対する電波の入射角が所定の角度(例えば正面から20度)となるように送信用ホーンアンテナを配置し、送信用ホーンアンテナから出射された電磁波が測定試料で反射して向かう方向(光学反射の方向)に受信用ホーンアンテナを設置する。ここで、送信用ホーンアンテナは右旋円偏波ホーンアンテナを用い、受信用ホーンアンテナは左旋円偏波ホーンアンテナを用いた。

[0064] このような構成により、送信用ホーンアンテナから送信された電波は金属板では全反射して回旋方向が変化し、受信用ホーンアンテナで受信されることになる。次いで、これら送受信用ホーンアンテナをベクトルネットワークアナライザ(Agilent 8722ES)に接続し、フリースペースタイムドメイン法を用いて測定試料(電波吸収体)から反射され到来する電波のみを分離してSパラメータ(S_{21})を測定する。

[0065] まず、それぞれのアンテナからおよそ100cmの距離となる位置に金属反射板(Cu板)を設置し、送信用ホーンアンテナから所定周波数および所定強度の電波を出射させ、受信アンテナの受信レベルを測定する。次に、金属反射板(Cu板)の代わりに同

一サイズの測定試料(電波吸収体)を前記金属反射板(Cu板)と同じ位置に設置し、前記金属反射板(Cu板)に出射した電波と同一の電波を送信用ホーンアンテナから出射させ、そのときの受信アンテナの受信レベルを測定する。

[0066] このようにして測定された金属反射板(Cu板)のときの受信レベルと、電波吸収体のときの受信レベルとの差(電力比)を反射減衰量として評価する。その結果例を図5に示す。図5より、入射角度が変化しても20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、入射角度に対する特性変動が少ないために300[MHz]の有効吸収帯域を有し広帯域な減衰特性を示すことが分かる。

[0067] (第2実施形態)

図6は、本発明の第2実施形態である電波吸収体の概略構成を示す断面図である。本実施形態の電波吸収体は、12 μ m厚の銅箔(すなわち導電体)で形成された格子状導体層21と、第1誘電体層をなす1.5mm厚のポリカーボネート基板22と、400[Ω /□]の表面抵抗値(シート抵抗値)を有する高抵抗導体層23と、第2誘電体層Aをなす1.1mm厚のポリカーボネート基板24と第2誘電体層Bをなす0.3mm厚のBT(ビスマレイミドトリアジン)基板25の積層体と、12 μ m厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されているパターン層26とを順次積層した構造となっている。ここで、格子状導体層21および高抵抗導体層23は、第1実施形態における格子状導体層11および高抵抗導体層13と同一となっている。

[0068] 図7は、図6に示す電波吸収体の平面図であり、パターン層26の詳細な構成を示す図である。パターン層26は、BT基板25の上面に形成された複数のループパターン201, 202, 203を有して構成されている。各ループパターン201, 202, 203は、12 μ m厚の銅箔からなり、BT基板25の上面に周期的に(すなわち互いに一定の間隔をもって規則的に)配置されている。ループパターン201, 202, 203は、図7に示すように、それぞれ形状が異なっており、中心ループ長C1, C2, C3、線路幅W1, W2, W3の正方形ループとなっている。隣り合うループパターン201, 202, 203の中心点同士は、中心間隔Dだけ離れた位置に配置されている。

[0069] 更に、ループパターン203には、図7に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープnstub) 203aを付加した構成となっている。このオープns

タブ203aは、正方形ループの一部の頂点に付加されており、線幅2.0mm、長さ2.4mmの長方形となっており、その長方形の長手方向が正方形ループの一辺に対して45度の角度となっている。ループパターン201, 202, 203における各部の寸法を表1に示す。

[0070] 本実施形態の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第1実施形態の手法を用いることとした。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図8に示す。図8より、本実施形態の電波吸収体は、入射角度が変化しても20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、入射角度に対する特性変動が少ないために300[MHz]の有効吸収帯域を有し広帯域な減衰特性を示すことが分かる。また、本第2実施形態と第1実施形態の比較から、パターンの形状の違いによって誘電体層の厚さの最適値も変化することがわかる。

[0071] (第3実施形態)

図9は、本発明の第3実施形態である電波吸収体の概略構成を示す断面図である。本実施形態の電波吸収体は、12 μ m厚の銅箔(すなわち導電体)で形成された全面導電層31と、第1誘電体層をなす0.7mm厚のポリカーボネート基板32と、誘電損失層をなすカーボン粉末を20重量部分散するとともに3.8倍に発泡させた1.3mm厚のポリプロピレン基板33と、第2誘電体層Aをなす0.4mm厚のポリカーボネート基板34と第2誘電体層Bをなす0.3mm厚のBT(ビスマレイミドトリアジン)基板35との積層体と、12 μ m厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されているパターン層36とを順次積層した構造となっている。ここでは、誘電損失層としてカーボン分散発泡基板を用いているため、単位面積(1m²)あたりの重量は3.2[kg]となっており、後述する比較例1における単位面積(1m²)あたりの重量7.4[kg]に比べて半分以下の重量となっており、軽量化が図られている。またここで、カーボン以外の分散材料として導電性酸化物などを用いてもよい。

[0072] 図10は、図9に示す電波吸収体の平面図であり、パターン層36の詳細な構成を示す図である。パターン層36は、BT基板35の上面に形成された複数のループパターン301, 302, 303を有して構成されている。各ループパターン301, 302, 303は、12 μ m厚の銅箔からなり、BT基板35の上面に周期的に(すなわち互いに一定の間

隔をもって規則的に)配置されている。ループパターン301, 302, 303は、図10に示すように、それぞれ形状が異なり、中心ループ長 $C1$, $C2$, $C3$ 、線路幅 $W1$, $W2$, $W3$ の正方形ループとなっている。隣り合うループパターン301, 302, 303の中心点同士は、中心間隔 D だけ離れた位置に配置されている。

[0073] 更に、ループパターン303には、図10に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープNSTAB)303aを付加した構成となっている。このオープNSTAB303aは、正方形のループの一部の頂点に付加されており、線幅2.0mm、長さ2.9 mmの長方形となっており、その長方形の長手方向が正方形ループの一辺に対して45度の角度となっている。ループパターン301, 302, 303における各部の寸法を表1に示す。

[0074] 本実施形態の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第1実施形態の手法を用いることとした。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図11に示す。図11より、本実施形態の電波吸収体は、入射角度が変化しても20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、入射角度に対する特性変動が少ないために250[MHz]の有効吸収帯域を有し広帯域な減衰特性を示すことが分かる。

[0075] (第4実施形態)

図12は、本発明の第4実施形態である電波吸収体の概略構成を示す側面図である。本実施形態の電波吸収体は、厚さ方向の構成に関して第2実施形態と同一となっており、パターン層46におけるループパターンが、複数の形状が異なるループパターンの集合体を一つのユニットとして、該ユニット間のスペースを所定の間隔 $D2$ で配置した大面積の構造となっている。

[0076] 図13は、図12に示す電波吸収体の平面図であり、パターン層46の詳細な構成を示す図である。パターン層46は、第2誘電体層BをなすBT基板45の上面に形成された複数のループパターン401, 402, 403を有して構成されている。各ループパターン401, 402, 403は、第2実施形態におけるループパターン201, 202, 203と同一となっており、これら複数のループパターン401, 402, 403の集合体を一つのユニットとして、該ユニット間のスペースを所定の間隔 $D2$ で配置して大面積化を図って

いる。各部の寸法を表1に示す。

[0077] 本実施形態の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第1実施形態の手法を用いることとした。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図14に示す。図14より、本実施形態の電波吸収体は、第2実施形態の反射減衰特性とほぼ一致し、本手法による大面積化が可能であることがわかる。

[0078] (比較例1)

次に、従来の電波吸収体(比較例1)と本発明の第1乃至第3実施形態の電波吸収体との相違点について、図15から図17を参照して説明する。

図15は、従来の電波吸収体(比較例1)の概略構成を示す断面図である。この従来の電波吸収体は、 $18\mu\text{m}$ 厚の銅箔で形成された全面導体層51と、第1誘電体層をなす0.9mm厚のEPT(エチレンプロピレングム)層52と、損失層をなす0.9mm厚のフェライト分散樹脂層53と、第2誘電体層をなす1.8mm厚のEPT層54と、 $18\mu\text{m}$ 厚の銅箔で形成され周期的に配置された複数の円形パッチパターン501からなるパターン層55とを順次積層した構造となっている。すなわち、従来の電波吸収体は、第3実施形態の電波吸収体における第1誘電体層、第2誘電体層としてEPTを用い、損失層として比重の大きな磁性損失材料を分散した樹脂基板を用い、さらに、パターン層36における各ループパターン301、302、303を同一形状および同一の大きさの円形パッチパターン501とした構造となっている。

[0079] 図16は、図15に示す従来の電波吸収体の平面図であり、パターン層55の詳細な構成を示す図である。パターン層55は、第2誘電体層をなすEPT層54の上面に形成された複数の円形パッチパターン501を有して構成されている。各円形パッチパターン501は、同一形状および同一サイズとなっている。具体的には各円形パッチパターン501は、 $18\mu\text{m}$ 厚の銅箔からなり、直径 $d1$ の円形パッチパターンとなっており、同一サイズの円形パッチパターンそれぞれが中心間隔 $D1$ で配置された構成となっている。これら各部の寸法を表1に示す。なお、この従来の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第1実施形態の手法を用いることとした。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図17に示す。

[0080] 図17に示されているように、従来の電波吸収体は、入射角度に対する特性変動が

大きいため、結果として有効帯域幅が狭くなってしまうことが分かる。換言すれば、本発明の第1乃至第4実施形態の電波吸収体は、従来の電波吸収体と比較して薄型化および軽量化を図りながら、入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体となり、したがって、ETCシステムなどにおいて用いられる電波吸収体として十分な性能を持つことができる。

[0081] (比較例2)

次に、従来の $\lambda/4$ 型電波吸収体(比較例2)と本発明の第1乃至第3実施形態の電波吸収体との相違点について、図18と図19を参照して説明する。

図18は、従来の $\lambda/4$ 型電波吸収体(比較例2)の概略構成を示す断面図である。この従来の電波吸収体は、表面抵抗率(シート抵抗)が $10[\Omega/\square]$ の低抵抗ITO層61と、誘電体層としての8.1mm厚のポリカーボネート基板62と、表面抵抗率(シート抵抗)が $370[\Omega/\square]$ の高抵抗ITO層63とを順次積層した構造となっている。すなわち、この従来の電波吸収体は、導電性パターン層を有していない構造となっている。

[0082] なお、この従来の電波吸収体の特性測定方法については、第1実施形態の手法を用いることとした。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図19に示す。

[0083] 図19に示されているように、この従来の $\lambda/4$ 型電波吸収体は、入射角度に対する特性変動が大きいため、結果として有効帯域幅が狭くなってしまうことが分かる。換言すれば、本発明の第1乃至第3実施形態の電波吸収体は、従来の電波吸収体と比較して薄型化および軽量化を図りながら、入射角度に対する特性変動の少ない電波吸収体となり、したがって、ETCシステムなどにおいて用いられる電波吸収体として十分な性能を持つことができる。

[0084] [表1]

各部の長さ	第1実施形態	第2実施形態	第3実施形態	第4実施形態	比較例1
D1 [mm]	16.4	16.4	17.5	16.4	7.4
D2 [mm]	-	-	-	11.5	-
C1 [mm]	36.0	36.0	38.0	36.0	-
C2 [mm]	32.0	32.0	34.0	32.0	-
C3 [mm]	28.0	28.0	30.0	28.0	-
W1 [mm]	3.7	3.7	3.5	3.7	-
W2 [mm]	3.7	3.7	3.5	3.7	-
W3 [mm]	3.7	3.7	3.5	3.7	-
d1 [mm]	-	-	-		7.0

[0085] (第5実施形態)

図20は、本発明の第5実施形態である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。本実施形態の電波吸収体は、保護層として機能するBT(ビスマレイミドトリアジン)基板2010と、全面導体層2011と、第1誘電体層をなすPC(ポリカーボネート)基板2012と、線状パターン抵抗層2013と、第2誘電体層AをなすPC基板2014と、第2誘電体層BをなすBT基板2015と、パターン層2016とを順次積層した構造となっている。

[0086] BT基板2010は、例えば厚さが0.3mmである。全面導体層2011は、BT基板2010上に配置されている。そして、全面導体層2011は、電波反射層として機能する。例えば厚さ12 μ mの銅箔(すなわち導体)で、全面導体層2011を構成する。PC基板2012は、全面導体層2011上に配置されている。そして、PC基板2012は、例えば厚さが3.0mmである。線状パターン抵抗層2013は、PC基板2012上に配置されている。PC基板2014は、線状パターン抵抗層2013上に配置されている。そして、PC基板2014は、例えば厚さが0.3mmである。BT基板2015は、PC基板2014上に配置されている。そして、BT基板2015は、例えば厚さが0.3mmである。パターン層2016は、BT基板2015上に配置されている。そして、パターン層2016は、12 μ m厚の銅箔で形成された複数のループパターン(2101, 2102など、図21参照)がBT基板の上面に周期的に配置されたものである。

- [0087] ここで、線状パターン抵抗層2013は、高抵抗導体からなる線状パターンを有してなるものである。高抵抗導体とは、全面導体層2011よりも抵抗率が高い導体をいう。具体的には体積抵抗率が $1.0E-4[\Omega\text{cm}]$ 以上、 $1.0E-1[\Omega\text{cm}]$ 以下のもので高抵抗導体を構成する。例えば線状パターン抵抗層2013は、高抵抗導体からなる複数の線状パターンが交差して格子状をなしたもので構成する。線状パターン抵抗層2013における線状パターンは、例えば線幅を $130\mu\text{m}$ とする。また、各線状パターンの中心軸の間隔である線路中心間隔は、例えば 1.0mm とする。
- [0088] このような線状パターン抵抗層2013は、カーボンペーストを用いたスクリーン印刷によって形成することができる。すなわち、BT基板2010、全面導体層2011、PC基板2012、線状パターン抵抗層2013、PC基板2014、BT基板2015、パターン層2016を積層する工程と、この積層する工程において(又は積層する工程とは別に)行われる線状パターン抵抗層2013をスクリーン印刷によって形成する工程とで、本実施形態の電波吸収体を製造することができる。
- [0089] また、スクリーン印刷の代わりに、インクジェット法を用いて線状パターン抵抗層2013を形成してもよい。例えば、インクジェット・プリンタに用いられるものと同様な構成のインクジェット・ノズルを用いる。そして、インクジェット・ノズルから前記高抵抗導体となる液状体を液滴として所定領域に吐出する。その吐出された液状体は乾燥又は焼成することにより高抵抗導体となり、線状パターン抵抗層2013が完成する。
- [0090] 上記の線路中心間隔は、線状パターン抵抗層2013が面状抵抗層として機能し得る間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下とすることが好ましい。面状抵抗層として機能し得る間隔とは、吸収対象とする電磁波を熱に変換する抵抗として機能し得る間隔をいう。
- [0091] 図21は、図20に示す電波吸収体におけるパターン層2016側の部分平面図である。パターン層2016は、BT基板2015の上面に形成された複数のループパターン2101, 2102, 2103から構成されている。各ループパターン2101, 2102, 2103は、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔からなり、BT基板2015の上面に互いに一定の間隔をもって規則的に配置されている。ループパターン2101, 2102, 2103は、図21に示すように同一形状の方形ループパターンとなっている。また、ループパターン2101, 2102, 21

03は、中心ループ長C1、線路幅W1の正方形ループとなっている。ここで、中心ループ長とは、ループパターンがなす線路の長手方向の中心軸についての長さをいう(以下、同じ)。隣り合うループパターンの中心点同士は、中心間隔D1だけ離れた位置に配置されている。これら複数のループパターン2101, 2102, 2103の集合体を一つのユニット(組)として、該ユニット間のスペースを所定の間隔D2で複数配置して大面積化を図っている。なお、間隔D2とは、隣り合うユニットの中心軸の間隔をいう。各部の寸法を表2に示す。

[0092] これらのループパターン2101, 2102, 2103を有するパターン層2016の形成方法としては、例えば次の手法を適用できる。すなわち、表面に銅箔が形成されたBT基板について、通常のプリント配線板のパターニングと同様にしてエッチングすることにより、ループパターン2101, 2102, 2103をパターニング形成する。エッチングにおいては、例えばフォトリソマスクと塩化第二鉄とを用いる。

[0093] ここで、ループパターン2101, 2102, 2103は、それぞれの線路幅W1が中心ループ長C1に対して5パーセントから25パーセントの値とすることが好ましい。また、ループパターン2101の線路幅W1は、基板パターン面における吸収対象とする電磁波の実効波長(λ_g , 下記の式2参照)の60パーセントから140パーセントの長さとするのが好ましい。

[式2]

$$\lambda_g = \lambda_0 \times \sqrt{2/(\epsilon_r + 1)} \quad (\lambda_0: \text{自由空間波長}, \epsilon_r: \text{基板の比誘電率})$$

[0094] 次に、上記のような構成をした本実施形態の電波吸収体について、上記第1実施形態で用いた電波吸収特性の測定方法により測定した。このようにして測定された金属反射板(Cu板)のときの受信レベルと、電波吸収体(測定試料)のときの受信レベルとの差(電力比)を反射減衰量として評価する。その測定試料に対する電波の入射角が20度、30度、40度の際の測定結果を図22に示す。図22より、最大減衰量としておよそ24[dB]の減衰量が得られていることが分かる。

[0095] (第6実施形態)

図23は、本発明の第6実施形態である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。本実施形態の電波吸収体は、全面導体層2021と、第1誘電体層AをなすB

T基板2022と、第1誘電体層BをなすPC基板2023と、第1誘電体層CをなすPC基板2024と、線状パターン抵抗層2025と、第2誘電体層をなすBT基板2026と、パターン層2027とを順次積層した構造となっている。

[0096] 全面導体層2021は、例えば $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔で形成されている。BT基板2022は、全面導体層2021上に配置されており、例えば厚さが 0.8mm である。PC基板2023は、BT基板2022上に配置されており、例えば厚さが 1.5mm である。PC基板2024は、PC基板2023上に配置されており、例えば厚さが 0.3mm である。線状パターン抵抗層2025は、PC基板2024上に配置されている。BT基板2026は、線状パターン抵抗層2025上に配置されており、例えば厚さが 0.3mm である。パターン層2027は、BT基板2026上に形成されている。そして、パターン層2027は、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンがBT基板2026の上面に周期的に配置されたものである。

[0097] ここで、線状パターン抵抗層2025は、高抵抗導体からなる線状パターンを有してなるものである。高抵抗導体とは、全面導体層2021よりも抵抗率が高い導体をいう。具体的には体積抵抗率が $1.0\text{E}-4[\Omega\text{cm}]$ 以上、 $1.0\text{E}-1[\Omega\text{cm}]$ 以下のもので高抵抗導体を構成する。例えば線状パターン抵抗層2025は、高抵抗導体からなる複数の線状パターンが交差して格子状をなしたものである。線状パターン抵抗層2025における線状パターンは、例えば線幅を $130\mu\text{m}$ とする。また、各線状パターンの中心軸の間隔である線路中心間隔は例えば 1.4mm とする。このような線状パターン抵抗層2025は、カーボンペーストを用いたスクリーン印刷によって形成することができる。上記の線路中心間隔は、線状パターン抵抗層2025が面状抵抗層として機能し得る間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下とすることが好ましい。

[0098] 図24は、図23に示す電波吸収体におけるパターン層2027側の部分平面図である。パターン層2027は、BT基板2026の上面に形成された複数のループパターン201、202、203から構成されている。各ループパターン201、202、203は、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔からなり、BT基板2026の上面に互いに一定の間隔をもって規則的に配置されている。ループパターン201、202、203は、図24に示すようにそ

れぞれ形状が異なった正方形ループとなっている。ループパターン2201は、中心ループ長C1、線路幅W1となっている。ループパターン2202は、中心ループ長C2、線路幅W2となっている。ループパターン2203は、中心ループ長C3、線路幅W3となっている。隣り合うループパターン2201, 2202, 2203の中心点同士は、中心間隔D1だけ離れた位置に配置されている。

[0099] 更に、ループパターン2203には、図24に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープスタブ)2203a, 2203bを付加した構成となっている。これらのオープスタブ2203a, 2203bは正方形ループの一部の頂点に付加されている。そして、オープスタブ2203aは、線幅2.0mm、長さ2.1mmの長方形、オープスタブ2203bは線幅2.0mm、長さ4.1mmの長方形となっている。オープスタブ2203a, 2203bの長方形の長手方向は正方形ループの一辺に対して45度の角度となっている。ループパターン2201, 2202, 2203における各部の寸法例を表2に示す。

[0100] 本実施形態の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第5実施形態と同一の手法を用いた。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図25に示す。図25より、本実施形態の電波吸収体は、最大減衰量としておよそ40[dB]の減衰量が得られていることが分かる。また、20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、320[MHz]の有効吸収帯域を有し広帯域な減衰特性を示すことがわかる。また、本第6実施形態と第5実施形態の比較から、パターン層2016, 2027におけるパターンの形状の違いによって誘電体層(2012, 2014, 2015, 2022, 2023, 2024, 2026)の厚さの最適値も変化することがわかる。また、各パターンが隣接する他のパターンに対して大きさと形状とのうちの少なくとも一方が異なる形状を用いることによって、広帯域な減衰特性が得られることがわかる。

[0101] (第7実施形態)

図26は、本発明の第7実施形態である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。本実施形態の電波吸収体は、保護層をなすBT基板2030と、全面導体層2031と、第1誘電体層AをなすPC基板2032と、第1誘電体層BをなすBT基板2033

と、パターン層2034と、PC基板2035と、線状パターン抵抗層2036とを順次積層した構造となっている。

[0102] BT基板2030は、例えば厚さが0.3mmである。全面導体層2031は、BT基板2030上に配置されており、例えば12 μ m厚の銅箔で形成されている。PC基板2032は、全面導体層2031上に配置されており、例えば厚さが3.1mmである。BT基板2033は、PC基板2032上に配置されており、例えば厚さが0.6mmである。パターン層2034は、BT基板2033上に配置されている。そして、パターン層2034は、12 μ m厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンがBT基板2033の上面に周期的に配置されたものである。PC基板2035は、例えば厚さが0.3mmである。線状パターン抵抗層2036は、PC基板2035上に配置されている。

[0103] ここで、線状パターン抵抗層2036は、高抵抗導体からなる線状パターンを有してなるものである。高抵抗導体とは、全面導体層2031よりも抵抗率が高い導体をいう。具体的には体積抵抗率が1.0E-4[Ω cm]以上、1.0E-1[Ω cm]以下のもので高抵抗導体を構成する。例えば線状パターン抵抗層2036は、高抵抗導体からなる複数の線状パターンが交差して格子状をなしたものである。線状パターン抵抗層2036における線状パターンは、例えば線幅を180 μ mとする。また、各線状パターンの中心軸の間隔である線路中心間隔は例えば1.0mmとする。このような線状パターン抵抗層2036は、カーボンペーストを用いたスクリーン印刷によって形成することができる。上記の線路中心間隔は、線状パターン抵抗層2036が面状抵抗層として機能し得る間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の1/16以下とすることが好ましい。

[0104] 図27は、図26に示す電波吸収体におけるパターン層2034側の部分平面図である。パターン層2034は、BT基板2033の上面に形成された複数のループパターン2301、2302、2303から構成されている。各ループパターン2301、2302、2303は、12 μ m厚の銅箔からなり、BT基板2033の上面に互いに一定の間隔をもって規則的に配置されている。ループパターン2301、2302、2303は、図2027に示すようにそれぞれ形状が異なった正方形ループとなっている。ループパターン2301は、中心ループ長C1、線路幅W1となっている。ループパターン2302は、中心ループ長C2

、線路幅W2となっている。ループパターン2303は、中心ループ長C3、線路幅W3となっている。隣り合うループパターン2301、2302、2303の中心点同士は、中心間隔D1だけ離れた位置に配置されている。

[0105] 更に、ループパターン2303には、図27に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープンスタブ)2303aを付加した構成となっている。このオープンスタブ2303aは正方形ループの一部の頂点に付加されている。そして、オープンスタブ2303aは線幅2.0mm、長さ3.5mmの長方形となっており、その長方形の長手方向が正方形ループの一辺に対して45度の角度となっている。ループパターン2301、2302、2303における各部の寸法を表2に示す。

[0106] 本実施形態の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第5実施形態と同一の手法を用いた。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図28に示す。図28より、本実施形態の電波吸収体は、最大減衰量としておよそ35[dB]の減衰量が得られていることが分かる。また、20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、およそ200[MHz]の有効吸収帯域を示すことがわかる。また、本第7実施形態と第6実施形態の比較から、高抵抗導体からなる線状パターン抵抗層の位置の違いによって誘電体層の厚さの最適値および特性が変化することがわかる。また、電波反射層(全面導体層2021)とパターン層2027の「間」に線状パターン抵抗層2025を配置した第6実施形態の方が、その「間」の外に線状パターン抵抗層2036を配置した第7実施形態よりも、入射角に対する特性変動は少ないことがわかる。

[0107] (第8実施形態)

図29は本発明の第8実施形態である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。本実施形態では、遠目に透明な電波吸収体を構成している。本実施形態の電波吸収体は、保護層をなすPET(ポリエチレンテレフタレート)基板2040と、格子状導体層2041と、第1誘電体層AをなすPC基板2042と、線状パターン抵抗層2043と、第2誘電体層をなすPC基板2044と、パターン層2045と、保護層をなすPET基板2046と、保護層をなすPC基板2047とを順次積層した構造となっている。

[0108] PET基板2040は、例えば厚さが0.175mmである。格子状導体層2041は、格子

状に配置された細線形状の導体で構成されているとともに、PET基板2040上に配置されており、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔で形成されている。PC基板2042は、格子状導体層2041上に配置されており、例えば厚さが 3.0mm である。線状パターン抵抗層2043は、PC基板2042上に配置されている。PC基板2044は、線状パターン抵抗層2043上に配置されており、例えば厚さが 0.3mm である。パターン層2045は、PC基板2044上に配置されている。そして、パターン層2045は、 $12\mu\text{m}$ 厚の格子状細線銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されたものである。PET基板2046は、パターン層2045上に配置されており、例えば厚さが 0.175mm である。PC基板2047は、PET基板2046上に配置されており、例えば厚さが 0.3mm である。

[0109] ここで、線状パターン抵抗層2043は、高抵抗導体からなる線状パターンを有してなるものである。高抵抗導体とは、格子状導体層2041よりも抵抗率が高い導体をいう。具体的には体積抵抗率が $1.0\text{E}-4[\Omega\text{cm}]$ 以上、 $1.0\text{E}-1[\Omega\text{cm}]$ 以下のもので高抵抗導体を構成する。例えば線状パターン抵抗層2043は、高抵抗導体からなる複数の線状パターンが交差して格子状をなしたもので構成する。線状パターン抵抗層2043における線状パターンは、例えば線幅を $130\mu\text{m}$ とする。また、各線状パターンの中心軸の間隔である線路中心間隔は例えば 1.0mm とする。このような線状パターン抵抗層2043は、カーボンペーストを用いたスクリーン印刷によって形成することができる。上記の線路中心間隔は、線状パターン抵抗層2043が面状抵抗層として機能し得る間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下とすることが好ましい。

[0110] また、格子状導体層2041は、高抵抗導体からなる複数の細線状パターンが交差して、格子状をなしたものである。格子状導体層2041における線状パターンは、例えば線路幅を $10\mu\text{m}$ とする。また、各線状パターンの中心軸の間隔である線路中心間隔は例えば 0.3mm とする。格子状導体層2041は、電波を全反射する機能を有するものである。上記の線路中心間隔は、電波を全反射し得るだけの間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下とすることが好ましい。あるいは、格子状導体層2041の代わりに、透明なITO(酸化インジウム錫)等の全面導体層を用い

ることとしてもよい。

[0111] 図30は、図29に示す電波吸収体のパターン層2045側の部分平面図である。パターン層2045は、PET基板2046の下面に形成された複数のループパターン2401、2402、2403から構成されている。各ループパターン2401、2402、2403は、 $12\mu\text{m}$ 厚の格子状細線銅箔からなり、PET基板2046の下面に互いに一定の間隔をもって規則的に配置されている。ループパターン2401、2402、2403は、図30に示すようにそれぞれ形状が異なった正方形ループとなっている。ループパターン2401は、中心ループ長 $C1$ 、線路幅 $W1$ となっている。ループパターン2402は、中心ループ長 $C2$ 、線路幅 $W2$ となっている。ループパターン2403は、中心ループ長 $C3$ 、線路幅 $W3$ となっている。隣り合うループパターン2401、2402、2403の中心点同士は、中心間隔 $D1$ だけ離れた位置に配置されている。

[0112] 更に、ループパターン2403には、図30に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープスタブ)2403aを付加した構成となっている。このオープスタブ2403aは正方形ループの一部の頂点に付加されている。そして、オープスタブ2403aは線幅 2.0mm 、長さ 3.0mm の長方形となっており、その長方形の長手方向が正方形ループの一辺に対して 45° の角度となっている。ループパターン2401、2402、2403における各部の寸法を表2に示す。

[0113] 本実施形態の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第5実施形態と同一の手法を用いた。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図31に示す。図31より、本実施形態の電波吸収体は、最大減衰量としておよそ 40[dB] の減衰量が得られていることが分かる。また、 20[dB] 以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、およそ 300[MHz] の有効吸収帯域を有し広帯域な減衰特性を有している。さらに、本実施形態の電波吸収体は、遠目に透明な電波吸収体となっている。したがって、本実施形態によれば、視界を遮ることなどを回避でき、且つ高性能な電波吸収体を提供することができる。

[0114] (比較例3)

次に、本実施形態の電波吸収体における線状パターン抵抗層などの効果を示すために、比較例を挙げて説明する。

[0115] 図32は、本実施形態に対する比較例3である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。この比較例3の電波吸収体は、第5実施形態の構造から、線状パターン抵抗層2013のみを除いた構造となっている。具体的には、保護層として機能するBT基板2060と、全面導体層2061と、第1誘電体層をなすPC基板2062と、第2誘電体層AをなすPC基板2063と、第2誘電体層BをなすBT基板2064と、パターン層2065とを順次積層した構造となっている。

[0116] BT基板2060は、厚さが0.3mmである。全面導体層2061は、BT基板2060上に配置されており、電波反射層として機能する。厚さ12 μ mの銅箔で、全面導体層2061を構成している。PC基板2062は、全面導体層2061上に配置されており、厚さが3.0mmである。PC基板2063は、PC基板2062上に配置されており、厚さが0.3mmである。BT基板2064は、PC基板2063上に配置されており、厚さが0.3mmである。パターン層2065は、BT基板2064上に配置されている。そして、パターン層2065は、第5実施形態のパターン層2016と同様に、12 μ m厚の銅箔で形成された複数のループパターンがBT基板の上面に周期的に配置されたものである。

[0117] また、比較例3の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第5実施形態と同一の手法を用いた。このようにして反射減衰量を測定した結果を図33に示す。図33に示されているように、比較例3の電波吸収体は、最大減衰量としておよそ3.4[dB]程度の減衰量しか得られないことがわかる。

[0118] (比較例4)

次に、本実施形態の電波吸収体における線状パターン抵抗層などの効果を示すために、他の比較例を挙げて説明する。

[0119] 図34は、本実施形態に対する比較例4である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。この比較例4の電波吸収体は、第6実施形態の構造から、線状パターン抵抗層25のみを除いた構造となっている。具体的には、全面導体層2071と、第1誘電体層AをなすBT基板2072と、第1誘電体層BをなすPC基板2073と、第1誘電体層CをなすPC基板2074と、第2誘電体層をなすBT基板2075と、パターン層2076とを順次積層した構造となっている。

[0120] 全面導体層2071は、12 μ m厚の銅箔で形成されている。BT基板2072は、全面

導体層2071上に配置されており、厚さが0.8mmである。PC基板2073は、BT基板2072上に配置されており、厚さが1.5mmである。PC基板2074は、PC基板2073上に配置されており、厚さが0.3mmである。BT基板2075は、PC基板2074上に配置されており、厚さが0.3mmである。パターン層2076は、BT基板2075上に配置されている。そして、パターン層2076は、第6実施形態のパターン層2027と同様に、12 μ m厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されたものである。

[0121] また、比較例4の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、第5実施形態と同一の手法を用いた。このようにして反射減衰量を測定した結果を図35に示す。図35に示されているように、比較例4の電波吸収体は、減衰量がおよそ16[dB]であり、第6実施形態に比べて電波吸収性能が低いことがわかる。

[0122] 以上より、本発明の第5から第8実施形態の電波吸収体は、線状パターン抵抗層2013、2025、2036、2043(高抵抗導体層)を有しているので、これらを有していない比較例3、4の電波吸収体に比べて、良好な減衰特性を示すことがわかる。そして、高抵抗導体層を中間層として設けることにより、さらに良好な減衰特性を得ることがわかる。したがって、本発明の第5から第8実施形態の電波吸収体は、減衰特性の中心周波数を5.8GHzに合わせた構造とすることにより、ETCシステムなどにおいて用いられる電波吸収体として十分な性能を持つことができる。

[0123] [表2]

各部の長さ	C1 [mm]	C2 [mm]	C3 [mm]	W1 [mm]	W2 [mm]	W3 [mm]	D1 [mm]	D2 [mm]
第5実施形態	36.0	36.0	36.0	2.0	2.0	2.0	16.4	56.0
第6実施形態	31.7	27.5	23.3	4.76	4.76	4.76	16.4	57.5
第7実施形態	30.0	22.4	20.2	4.5	5.6	5.05	15.5	54.0
第8実施形態	30.0	26.0	22.0	4.5	4.5	4.5	15.5	56.0
比較例3	36.0	36.0	36.0	2.0	2.0	2.0	16.4	56.0
比較例4	31.7	27.5	23.3	4.76	4.76	4.76	16.4	57.5

[0124] (第9実施形態)

図36は本発明の第9実施形態である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。本実施形態の電波吸収体では、面状抵抗層が接着層を兼ねている。本実施形態の電波吸収体は、保護層をなすGE(ガラスエポキシ)基板3010と、全面導体層3011と、第1誘電体層をなすGE基板3012と、カーボン分散GE基板からなる面状抵抗層3013と、第2誘電体層をなすGE基板3014と、パターン層3015とを順次積層した構造となっている。

[0125] 保護層3010は、例えば厚さが0.3mmである。全面導体層3011は、保護層3010上に配置されており、例えば18 μ m厚の銅箔で形成されている。GE基板3012は、全面導体層3011上に配置されており、例えば厚さが2.0mmである。面状抵抗層3013は、GE基板3012上に配置されており、例えば厚さが0.1mmである。GE基板3014は、面状抵抗層3013上に配置されており、例えば厚さが0.6mmである。パターン層3015は、18 μ m厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されたものである。

[0126] ここで、カーボン分散GE基板からなる面状抵抗層3013は、導電性カーボン粉末をエポキシ樹脂に分散混合したものをガラスクロスに含浸させることによって、GE基板同士を接着することが可能なプリプレグとして機能するものである。すなわち、面状抵抗層3013によって、GE基板3012とGE基板3014とが接着されている。

[0127] 図37は、図36に示す電波吸収体のパターン層3015側の部分平面図である。パターン層3015は、GE基板3014の上面に形成された複数のループパターン3101、3102、3103から構成されている。各ループパターン3101、3102、3103は、18 μ m厚の銅箔からなり、GE基板3014の上面に互いに一定の間隔をもって規則的に配置されている。ループパターン3101、3102、3103は、図37に示すようにそれぞれ形状が異なった正方形ループとなっている。ループパターン3101は、中心ループ長C1、線路幅W1となっている。ループパターン3102は、中心ループ長C2、線路幅W2となっている。ループパターン3103は、中心ループ長C3、線路幅W3となっている。隣り合うループパターン3101、3102、3103の中心点同士は、中心間隔D1だけ離れた位置に配置されている。

- [0128] 更に、ループパターン3103には、図37に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープNSTAB)3103a, 3103bを付加した構成となっている。これらのオープNSTAB3103a, 3103bは、正方形ループの一部の頂点に付加されている。そして、オープNSTAB3103aは線幅2.0mm、長さ2.1mmの長方形、オープNSTAB3103bは線幅2.0mm、長さ4.1mmの長方形となっており、それらの長方形の長手方向が正方形ループの一辺に対して45度の角度となっている。ループパターン3101, 3102, 3103における各部の寸法を表3に示す。
- [0129] これらのループパターン3101, 3102, 3103を有するパターン層3015の形成方法としては、例えば次の手法を適用できる。すなわち、表面に銅箔が形成されたGE基板について、通常のプリント配線板のパターニングと同様にしてエッチングすることにより、ループパターン3101, 3102, 3103をパターニング形成する。エッチングにおいては、例えばフォトレジストマスクと塩化第二鉄とを用いる。
- [0130] また、ループパターン3101, 3102, 3103の形成は、インクジェット法を用いてもよい。例えば、インクジェット・プリンタに用いられるものと同様な構成のインクジェット・ノズルを用いる。そして、インクジェット・ノズルから導電性材料等を含む液状体を液滴として所定領域に吐出する。その吐出された液状体は乾燥又は焼成することにより所定パターンの導体となり、ループパターン3101, 3102, 3103が完成する。インクジェット法によってループパターン3101, 3102, 3103を形成すると、エッチングなどが不要となる。したがって、エッチングなどで無駄となる材料を無くすことができ、製造コストを低減することができる。また、ループパターン3101, 3102, 3103の形成についてのマスクパターン等の設計・製造も不要となるので、さらに製造コストを低減することができる。
- [0131] ここで、ループパターン3101, 3102, 3103は、それぞれの線路幅 W_1 が中心ループ長 C_1 に対して5パーセントから25パーセントの値とすることが好ましい。また、ループパターン3101の線路幅 W_1 は、基板パターン面における吸収対象とする電磁波の実効波長(λ_g , 下記の式3参照)の60パーセントから140パーセントの長さとするのが好ましい。

[式3]

$$\lambda_g = \lambda_0 \times \sqrt{2/(\epsilon_r + 1)} \quad (\lambda_0: \text{自由空間波長}, \epsilon_r: \text{基板の比誘電率})$$

[0132] 次に、上記のような構成をした本実施形態の電波吸収体について、上記第1実施形態で用いた電波吸収特性の測定方法により測定した。このようにして測定された金属反射板(Cu板)のときの受信レベルと、電波吸収体(測定試料)のときの受信レベルとの差(電力比)を反射減衰量として評価する。その測定試料に対する電波の入射角が15度、20度、30度、40度の際の測定結果を図38に示す。図38より本実施形態の電波吸収体は、最大減衰量としておよそ40[dB]の減衰量が得られていることが分かる。また、20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、およそ300[MHz]の有効吸収帯域を有し広帯域な減衰特性を有していることがわかる。

[0133] (比較例5)

次に、本実施形態の電波吸収体の効果を示すために、比較例5を挙げて説明する。

[0134] 図39は、本実施形態に対する比較例5である電波吸収体の概略構成を示す部分断面図である。この比較例5の電波吸収体は、図36などに示す本発明の第9実施形態の構造から、面状抵抗層13を除いた構成となっている。具体的には、保護層として機能するGE基板3020と、全面導体層3021と、第1誘電体層をなすGE基板3022と、第2誘電体層をなすGE基板3023と、パターン層3024とを順次積層した構造となっている。

[0135] GE基板3020は、厚さが0.3mmである。全面導体層3021は、GE基板3020上に配置されており、電波反射層として機能する。厚さ18 μ mの銅箔で、全面導体層3021を構成している。GE基板3022は、全面導体層3021上に配置されており、厚さが2.0mmである。GE基板3023は、GE基板3022上に配置されており、厚さが0.6mmである。パターン層3024は、GE基板3023上に配置されている。そして、パターン層3024は、第9実施形態のパターン層3015と同様に、18 μ m厚の銅箔で形成された複数のループパターンがGE基板の上面に周期的に配置されたものである。

[0136] また、比較例5の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、

上記第9実施形態と同一の手法を用いた。このようにして反射減衰量を測定した結果を、図40に示す。図40に示されているように、比較例5の電波吸収体は、減衰量がおよそ26[dB]であり、また、20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、およそ150[MHz]の有効吸収帯域となっており、本第9実施形態に比べて電波吸収性能が低いことがわかる。

[0137] 以上より、本発明の第9実施形態の電波吸収体は、面状抵抗層3013を有していることなどにより、比較例5の電波吸収体に比べて、良好な減衰特性を示すことがわかる。したがって、本発明の第9実施形態に係る電波吸収体は、減衰特性の中心周波数を5.8GHzに合わせた構造とすることにより、ETCシステムなどにおいて用いられる電波吸収体として十分な性能を持つことができる。

[0138] [表3]

各部の長さ	C1 [mm]	C2 [mm]	C3 [mm]	W1 [mm]	W2 [mm]	W3 [mm]	D1 [mm]	D2 [mm]
第9実施形態	31.0	27.0	23.0	4.75	4.75	4.75	16.0	56.0
比較例5	31.0	27.0	23.0	4.75	4.75	4.75	16.0	56.0

[0139] (実施例1)

図41は、本発明の実施例1である電波吸収体の概略構成を示す断面図である。本実施例の電波吸収体は、BT(ビスマレイミドトリアジン)基板10上に、格子状導体層11と、ポリカーボネート基板12と、高抵抗導体層13と、ポリカーボネート基板14と、BT基板15の積層体と、パターン層16とを順次積層した構造となっている。

BT基板10は、保護層として機能し、0.3mm厚である。格子状導体層11は、12 μ m厚の銅箔(すなわち導電体)で形成されている。ポリカーボネート基板12は、第1誘電体層をなし、1.0mm厚である。高抵抗導体層13は、ITO(酸化インジウム錫)を有する175 μ m厚のPET(ポリエチレンテレフタレート)シートからなり、500[Ω /□]の表面抵抗値(シート抵抗値)を有する。ポリカーボネート基板14は、第2誘電体層Aをなし、

0.8mm厚である。BT基板15は、第2誘電体層Bをなし、0.3mm厚である。パターン層16には、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されている。

[0140] ここで、格子状導体層11の銅箔は、線路幅 $50\mu\text{m}$ 、線路中心間隔1.4mmの格子形状となっており、電波を全反射する機能を有するものである。その線路中心間隔は、電波を全反射しうるだけの間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下とすることが好ましい。あるいは、格子状導体層11の代わりに全面導体層を用いることもできる。また、高抵抗導体層13は、表面抵抗率(シート抵抗値)が $100[\Omega/\square]$ から $100[\text{k}\Omega/\square]$ の範囲内であることが好ましい。

[0141] 図42は、図41に示す電波吸収体の平面図であり、パターン層16の詳細な構成を示す図である。パターン層16は、BT基板15の上面に形成された複数のループパターン601から構成されている。各ループパターン601は、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔からなり、BT基板15の上面に周期的に(すなわち互いに一定の間隔をもって規則的に)配置されている。ループパターン601は、図42に示すように同一形状の方形ループパターンとなっており、中心ループ長 $C11$ 、線路幅 $W11$ の正方形ループとなっている。ここで、中心ループ長とは、ループパターン601がなす線路の長手方向の中心軸についての長さをいう(以下、同じ)。隣り合うループパターン601の中心点同士は、中心間隔 $D10$ だけ離れた位置に配置されている。

[0142] これらのループパターン601を有するパターン層16は、通常のプリント配線板のパターニングと同様にして形成できる。すなわち、パターン層16は、表面に銅箔が形成されたBT基板について、フォトリジストマスクと塩化第二鉄とを用いるエッチングによりパターニング形成したものである。ループパターン601における各部の寸法を表2に示す。

[0143] ループパターン601は、それぞれの線路幅 $W11$ が中心ループ長 $C11$ に対して5パーセントから25パーセントの値とすることが好ましい。また、ループパターン601の線路幅 $W11$ は、基板パターン面における吸収対象とする電磁波の実効波長(λ_g , 式4参照)の60パーセントから140パーセントの長さとするのが好ましい。

[式4]

$$\lambda_g = \lambda_0 \times \sqrt{2 / (\epsilon_r + 1)} \quad (\lambda_0: \text{自由空間波長、}\epsilon_r: \text{基板の比誘電率})$$

[0144] 次に、上記のような構成をした本実施例の電波吸収体が持つ電波吸収特性の測定方法について説明する。まず、測定対象(吸収対象)とする所定周波数の電波に対する反射量が $-40[\text{dB}]$ 以下のピラミッドコーン形電波吸収体を、測定室内における壁面、床および測定面側方に設置しておく。そして、測定試料(本電波吸収体)に対する電波の入射角が所定の角度(例えば正面から 20°)となるように送信用ホーンアンテナを配置する。また送信用ホーンアンテナから出射された電磁波が測定試料で反射して向かう方向(光学反射の方向)に受信用ホーンアンテナを設置する。ここで、送信用ホーンアンテナは右旋円偏波ホーンアンテナを用い、受信用ホーンアンテナは左旋円偏波ホーンアンテナを用いた。

[0145] このような構成により、送信用ホーンアンテナから送信された電波は金属板では全反射して回旋方向が変化し、受信用ホーンアンテナで受信されることになる。次いで、これら送受信用ホーンアンテナをベクトルネットワークアナライザ(Agilent 8722ES)に接続し、フリースペースタイムドメイン法を用いて測定試料(電波吸収体)から反射され到来する電波のみを分離してSパラメータ(S21)を測定する。

[0146] まず、それぞれのアンテナからおおよそ 100cm の距離となる位置に金属反射板(Cu板)を設置する。そして、送信用ホーンアンテナから所定周波数および所定強度の電波を出射させ、受信アンテナの受信レベルを測定する。次に、金属反射板(Cu板)の代わりに同一サイズの測定試料(電波吸収体)を前記金属反射板(Cu板)と同じ位置に設置する。そして前記金属反射板(Cu板)に出射した電波と同一の電波を送信用ホーンアンテナから出射させ、そのときの受信アンテナの受信レベルを測定する。

[0147] このようにして測定された金属反射板(Cu板)のときの受信レベルと、電波吸収体のときの受信レベルとの差(電力比)を反射減衰量として評価する。その結果例を図43に示す。図43より、最大減衰量として $24[\text{dB}]$ の減衰量が得られていることが分かる。

[0148] (実施例2)

図44は、本発明の実施例2である電波吸収体の概略構成を示す断面図である。本実施例の電波吸収体は、BT基板20上に、格子状導体層21と、ポリカーボネート基板22と、高抵抗導体層23と、ポリカーボネート基板24と、BT基板25の積層体と、パ

ターン層26とを順次積層した構造となっている。

BT基板20は、保護層として機能し、0.3mm厚である。格子状導体層21は、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔(すなわち導電体)で形成されている。ポリカーボネート基板22は、第1誘電体層をなし、2.5mm厚である。高抵抗導体層23は、ITO(酸化インジウム錫)を有する $50\mu\text{m}$ 厚のPETシートからなり、 $1[\text{k}\Omega/\square]$ の表面抵抗値(シート抵抗値)を有する。ポリカーボネート基板24は、第2誘電体層Aをなし、0.3mm厚である。BT基板25は、第2誘電体層Bをなし、0.3mm厚である。パターン層26には、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されている。

[0149] ここで、格子状導体層21の銅箔は、線路幅 $50\mu\text{m}$ 、線路中心間隔1.4mmの格子形状となっており、電波を全反射する機能を有するものである。その線路中心間隔は、電波を全反射しうるだけの間隔であればよく、吸収対象とする電磁波の波長の1/16以下とすることが好ましい。あるいは、格子状導体層21の代わりに全面導体層を用いることもできる。また、高抵抗導体層13は、表面抵抗率(シート抵抗値)が $100[\Omega/\square]$ から $100[\text{k}\Omega/\square]$ の範囲内であることが好ましい。

[0150] 図45は、図44に示す電波吸収体の平面図であり、パターン層26の詳細な構成を示す図である。パターン層26は、BT基板25の上面に形成された複数のループパターン701, 702, 703から構成されている。各ループパターン701, 702, 703は、 $12\mu\text{m}$ 厚の銅箔からなり、BT基板25の上面に周期的に(すなわち互いに一定の間隔をもって規則的に)配置されている。ループパターン701, 702, 703は、図45に示すようにそれぞれ形状が異なり、中心ループ長 $C11, C12, C13$ 、線路幅 $W11, W12, W13$ の正方形ループとなっている。隣り合うループパターン701, 702, 703の中心点同士は、中心間隔 $D10$ だけ離れた位置に配置されている。

[0151] 更に、ループパターン703は、図45に示すように、ループ形状の線路に突起形状の線状パターン(オープスタブ)703aを付加した構成となっている。このオープスタブ703aは、正方形ループの一部の頂点に付加されている。各オープスタブ703aは、線幅2.0mm、長さ2.4mmの長方形となっており、その長方形の長手方向が正方形ループの一辺に対して45度の角度となっている。ループパターン701, 702, 703における各部の寸法を表2に示す。

[0152] 本実施例の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、実施例1と同一の手法を用いた。また、このようにして反射減衰量を測定した結果を図46に示す。図46より、本実施例の電波吸収体は、最大減衰量として32[dB]の減衰量が得られていることが分かる。また、20[dB]以上の減衰特性を有する周波数帯域幅を有効吸収帯域と定義した場合、本実施例の電波吸収体は、380[MHz]の有効吸収帯域を有し、広帯域な減衰特性を示すことがわかる。本実施例2と実施例1の比較から、パターンの形状の違いによって誘電体層の厚さの最適値も変化し、また、各パターンが隣接する他のパターンに対して大きさと形状とのうちの少なくとも一方が異なる形状を用いることによって、広帯域な減衰特性が得られることがわかる。

[0153] (比較例11)

次に、本発明の電波吸収体における高抵抗導体層の効果を示す為の比較例について、図47から図48を参照して説明する。

図47は、本発明の比較例11である電波吸収体の概略構成を示す断面図である。この比較例11の電波吸収体は、図41に示す実施例1の構造から高抵抗導体層13(500[Ω/□]のITO/PETシート)のみを除いた構造となっている。

[0154] 具体的には、比較例11の電波吸収体は、BT基板70上に、格子状導体層71と、ポリカーボネート基板72と、ポリカーボネート基板73と、BT基板74の積層体と、パターン層75とを順次積層した構造となっている。BT基板70は、0.3mm厚である。格子状導体層71は、12 μm厚の銅箔(すなわち、導電体)で形成されている。ポリカーボネート基板72は、第1誘電体層Aをなし、1.0mm厚である。ポリカーボネート基板73は、第1誘電体層Bをなし、0.8mm厚である。BT基板74は、第1誘電体層Cをなし、0.3mm厚である。パターン層75には、12 μm厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されている。また、パターン層75は、実施例1におけるパターン層16と同一の構造となっている。なお、この比較例11の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、実施例1と同一の手法を用いた。

[0155] このようにして反射減衰量を測定した結果を図48に示す。図48に示されているように、この比較例の電波吸収体は、最大減衰量としておよそ7[dB]程度の減衰量しか得

られないことがわかる。

[0156] (比較例12)

次に、本発明の電波吸収体における高抵抗導体層の効果を説明する為の比較例について、図49から図50を参照して説明する。

図49は、本発明の比較例12である電波吸収体の概略構成を示す断面図である。この比較例12の電波吸収体は、図44に示す実施例2の構造から高抵抗導体層23(1[kΩ/□]のITO/PETシート)のみを除いた構造となっている。

[0157] 具体的には、比較例12の電波吸収体は、BT基板80上に、格子状導体層81と、ポリカーボネート基板82と、ポリカーボネート基板83と、BT基板84の積層体と、パターン層85とを順次積層した構造となっている。BT基板80は0.3mm厚である。格子状導体層81は、12μm厚の銅箔(すなわち、導電体)で形成されている。ポリカーボネート基板82は、第1誘電体層Aをなし、2.5mm厚である。ポリカーボネート基板83は、第1誘電体層Bをなし、0.3mm厚である。BT基板84は、第1誘電体層Cをなし、0.3mm厚である。パターン層85には、12μm厚の銅箔で形成された形状の異なる複数のループパターンが周期的に配置されている。パターン層85は、実施例2におけるパターン層26と同一の構造となっている。なお、この比較例12の電波吸収体の作製方法およびその特性の測定方法については、実施例1と同一の手法を用いた。

[0158] このようにして反射減衰量を測定した結果を図50に示す。図50に示されているように、この比較例12の電波吸収体は、最大減衰量としておよそ11[dB]程度の減衰量しか得られないことがわかる。

[0159] 以上より、本発明の実施例1, 2の電波吸収体は、中間層として高抵抗導体層13, 23を設けることにより、高抵抗導体層を設けない比較例11, 12に比べて、良好な減衰特性を示すことがわかる。したがって、本発明の実施例1, 2の電波吸収体は、中心周波数を5.8GHzに合わせることで、ETCシステムなどにおいて用いられる電波吸収体として十分な性能を持つことができる。

[0160] [表4]

各部の長さ	D10 [mm]	C11 [mm]	C12 [mm]	C13 [mm]	W11 [mm]	W12 [mm]	W13 [mm]
実施例 1	16.4	36.0	—	—	2.0	—	—
実施例 2	16.4	36.0	32.0	28.0	3.7	3.7	3.7
比較例 1 1	16.4	36.0	—	—	2.0	—	—
比較例 1 2	16.4	36.0	32.0	28.0	3.7	3.7	3.7

[0161] 以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。例えば、上記実施形態の電波吸収体におけるパターン層のループパターンは、方形ループパターンであるが、円形ループパターン又は楕円ループパターンなど他の形状のループパターンとしてもよい。また、これらのループパターンは、閉ループであってもよいし一部が途切れた開ループであってもよい。

[0162] また、第1乃至第2実施形態の電波吸収体において、前記誘電体層および保護層の全てが光学的に透明な誘電体材料からなり、高抵抗導体層、パターン層に用いる導電体は(導電性酸化物または導電性有機化合物などの)光学的に透明な導電性材料からなることとしてもよい。また、格子状導体層の代わりに(導電性酸化物または導電性有機化合物などの)光学的に透明な材料からなる全面導体層を用いてもよいし、前記パターン層におけるパターンを格子状導体で形成してもよい。このようにすると、全体的に透明な電波吸収体を構成することができ、美観に優れた電波吸収体などを提供することができる。

[0163] また、本発明の第8実施形態の電波吸収体においては、その構成全体について遠目に透明な構造としている。したがって、本発明の電波吸収体は、全体的に透明な電波吸収体を構成することができ、光学的に遮蔽物となることを回避できる。

[0164] また、上記実施形態および実施例の電波吸収体において、前記高抵抗導体層がカーボンを含有する導電性材料からなることとしてもよい。このような材料を用いることにより、低コストな電波吸収体を提供することができる。

産業上の利用可能性

[0165] 上記の実施形態では本発明の電波吸収体をETCシステムに適用する例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、ETCシステム以外にも適用することができる。すなわち、ループパターンの形状、大きさ、配置を調整し、あるいは、各層の厚さ、表面抵抗値、構成材料などを調整することにより、吸収対象とする電波の周波数および帯域を変更することができる。

請求の範囲

- [1] 導電体からなる全面導体層と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、所定範囲の表面抵抗率を有する高抵抗導体層と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、導電体からなるパターンを複数有するパターン層とを順次積層した構造を有し、
- 前記パターン層における各パターンは、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状とのうちの少なくとも一方が異なることを特徴とする電波吸収体。
- [2] 前記パターン層におけるパターンは、ループ形状をしたループパターンからなり、
- 前記ループパターンは、該ループパターンの中心線での長さである中心線長に対して5パーセントから25パーセントの値の線幅を有する形状の導体からなり、
- 前記ループパターンの中心線長は、吸収対象とする電磁波の波長の60パーセントから140パーセントの長さであり、
- 前記パターン層における任意の一つのループパターンと該ループパターンに隣接する他のループパターンとは、前記中心線長が異なることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [3] 前記ループパターンの中心線長は、吸収対象とする電磁波の波長の60パーセントから140パーセントの長さであり、
- 前記パターン層における任意の一つのループパターンと該ループパターンに隣接する他のループパターンとは、形状が異なることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [4] 前記パターン層における少なくとも一つの前記ループパターンは、ループ形状の線路の一部に突起形状を設けた形状となっていることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [5] 前記パターン層におけるループパターンは、複数の形状又は大きさが異なるループパターンの集合体を一つのユニットとして、該ユニット間のスペースを所定の間隔に配置したものとなっていることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [6] 前記全面導体層およびパターン層の少なくとも一方の表面側に保護層を積層した構成を有することを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。

- [7] 前記高抵抗導体層の表面抵抗率は、 $100[\Omega/\square]$ から $100[k\Omega/\square]$ の範囲内であることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [8] 前記第1誘電体層と第2誘電体層との厚さの比は、0.1から10の範囲内であることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [9] 前記全面導体層は、表面抵抗率が、 $10[\Omega/\square]$ 以下の低抵抗導体層となっていることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [10] 前記全面導体層は、格子状のパターンにより構成されている格子状導体層であることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [11] 前記格子状導体層は、線路幅 $100\mu m$ 以下であり、線路中心間隔が吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下であることを特徴とする請求項10記載の電波吸収体。
- [12] 前記全面導体層、高抵抗導体層およびパターン層に用いる導電体は、光学的に透明な導電性材料からなり、
前記第1、第2誘電体層および保護層は、光学的に透明な誘電体材料からなることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [13] 前記高抵抗導体層、第1誘電体層および第2誘電体層のうち少なくとも一つの層が導電性酸化物を含有する誘電体材料からなることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [14] 前記導電性酸化物は、ATO(酸化アンチモン錫)を含有する誘電体材料からなることを特徴とする請求項13記載の電波吸収体。
- [15] 前記高抵抗導体層、第1誘電体層および第2誘電体層のうち少なくとも一つの層が導電性カーボン粉末を含有する誘電体材料からなることを特徴とする請求項1記載の電波吸収体。
- [16] 前記高抵抗導体層、第1誘電体層および第2誘電体層のうち少なくとも一つの層が導電性カーボン粉末を含有する発泡誘電体材料からなることを特徴とする請求項15記載の電波吸収体。
- [17] 前記高抵抗導体のみが、導電性カーボン粉末を含有する誘電体材料からなることを特徴とする請求項15記載の電波吸収体。
- [18] 前記高抵抗導体層、第1誘電体層および第2誘電体層のうち少なくとも一つの層が

導電性カーボン粉末を含有する誘電体材料からなり、該高抵抗導体層、第1誘電体層および第2誘電体層におけるカーボン粉末含有量が異なることを特徴とする請求項15記載の電波吸収体。

- [19] 少なくとも、
 導体からなる全面導体層と、
 1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、
 前記全面導体層よりも抵抗率が高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層と、
 1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、
 導体からなるパターンを複数有するパターン層とを有することを特徴とする電波吸収体。
- [20] 前記全面導体層と、前記第1誘電体層と、前記線状パターン抵抗層と、前記第2誘電体層と、前記パターン層とを当該順序で積層したことを特徴とする請求項19記載の電波吸収体。
- [21] 前記全面導体層と、前記第1誘電体層と、前記パターン層と、前記第2誘電体層と、前記線状パターン抵抗層とを当該順次で積層したことを特徴とする請求項19記載の電波吸収体。
- [22] 少なくとも、
 導体からなるパターンが格子状に形成された格子状導体層と、
 1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、
 前記格子状導体層を形成する導体よりも抵抗率の高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層と、
 1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、
 導体からなるパターンを複数有するパターン層とを、当該順序で積層した構造を有することを特徴とする電波吸収体。
- [23] 前記線状パターン抵抗層は、高抵抗導体からなる線状パターンが交差したものと、前記線状パターンが六角形のハニカム形状をなしたものと、のいずれかからなることを特徴とする請求項19又は22記載の電波吸収体。

- [24] 前記線状パターン抵抗層をなす高抵抗導体は、体積抵抗率が $1.0 \times 10^{-4} [\Omega \text{ cm}]$ 以上、 $1.0 \times 10^{-1} [\Omega \text{ cm}]$ 以下のものであることを特徴とする請求項19又は22記載の電波吸収体。
- [25] 前記全面導体層、パターン層、線状パターン抵抗層及び格子状導体層のうちの少なくとも1つは、複数の線状パターンを有するとともに、隣り合う前記線状パターンの中心間隔である線路中心間隔が吸収対象とする電磁波の波長の $1/16$ 以下であることを特徴とする請求項19又は22記載の電波吸収体。
- [26] 前記線状パターンの幅である線路幅は、 $100 \mu \text{ m}$ 以下であることを特徴とする請求項25記載の電波吸収体。
- [27] 前記パターン層における各パターンは、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状のうちの少なくとも一方が異なることを特徴とする請求項19又は22記載の電波吸収体。
- [28] 前記パターン層における各パターンは、円形、矩形、多角形又はこれら形状を外形とするループ形状のいずれかの形状と、該いずれかの形状に突起形状を付加した形状と、のうちの少なくとも一方からなることを特徴とする請求項19又は22記載の電波吸収体。
- [29] 積層構造における表面および裏面の少なくとも一方に積層された保護層を有することを特徴とする請求項19又は22記載の電波吸収体。
- [30] 構成要素の全ての前記層を透明又は半透明にしたことを特徴とする請求項19又は22記載の電波吸収体。
- [31] 電磁波を反射する導体からなる電波反射層と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、前記電波反射層よりも抵抗率が高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、導体からなるパターンを複数有するパターン層とを積層する工程を有するとともに、
前記線状パターン抵抗層の線状パターンについて、スクリーン印刷法を用いて形成する工程を有することを特徴とする電波吸収体の製造方法。
- [32] 電磁波を反射する導体からなる電波反射層と、1層又は多層の誘電体からなる第1

誘電体層と、前記電波反射層よりも抵抗率が高い導体である高抵抗導体からなる線状パターンを有してなる線状パターン抵抗層と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、導体からなるパターンを複数有するパターン層とを積層する工程を有するとともに、

前記線状パターン抵抗層の線状パターンについて、インクジェット法を用いて形成する工程を有することを特徴とする電波吸収体の製造方法。

[33] 少なくとも、

導体からなる全面導体層と、

1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、

導電粉末を含有した誘電体からなる面状抵抗層と、

1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、

導体からなるパターンを複数有するパターン層とを有することを特徴とする電波吸収体。

[34] 前記全面導体層と、前記第1誘電体層と、前記面状抵抗層と、前記第2誘電体層と、前記パターン層とを当該順序で積層したことを特徴とする請求項33記載の電波吸収体。

[35] 前記面状抵抗層は、エポキシ樹脂に、カーボン、銀、ニッケル等の導電粉末を分散させてガラスクロスに含浸させた材料からなることを特徴とする請求項33記載の電波吸収体。

[36] 前記パターン層における各パターンは、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状のうちの少なくとも一方が異なることを特徴とする請求項33記載の電波吸収体。

[37] 前記パターン層における各パターンは、円形、矩形、多角形又はこれら形状を外形とするループ形状のいずれかの形状と、該いずれかの形状に突起形状を付加した形状と、のうちの少なくとも一方からなることを特徴とする請求項33記載の電波吸収体。

[38] 積層構造における表面および裏面の少なくとも一方に積層された保護層を有することを特徴とする請求項33記載の電波吸収体。

[39] 導体からなる全面導体層と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、導電粉末を含有した誘電体からなる面状抵抗層と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘

電体層と、導体からなるパターンを複数有するパターン層とを積層する工程を有するとともに、

前記面状抵抗層について、該面状抵抗層を挟んで前記第1誘電体層と前記第2誘電体層とを接着するプリプレグとして形成する工程を有することを特徴とする電波吸収体の製造方法。

[40] エポキシ樹脂に、カーボン、銀、ニッケル等の導電粉末を分散させたものを、ガラスクロスに含浸させる工程を少なくとも用いて、前記面状抵抗層を形成することを特徴とする請求項39記載の電波吸収体の製造方法。

[41] 少なくとも、導電体からなる全面導体層と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、所定範囲の表面抵抗率を有する高抵抗導体層と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、導電体からなるパターンを複数有するパターン層とを順次積層した構造を有し、

必要ならば介在してもよい前記全面導体層およびパターン層の少なくとも一方の表面側に保護層を積層した構成を有することを特徴とする電波吸収体。

[42] 導電体からなる全面導体層と、1層又は多層の誘電体からなる第1誘電体層と、所定範囲の表面抵抗率を有する高抵抗導体層と、1層又は多層の誘電体からなる第2誘電体層と、導電体からなるパターンを複数有するパターン層とを順次積層した構造を有し、

必要ならば介在してもよい前記全面導体層およびパターン層の少なくとも一方の表面側に保護層を積層した構成を有し、

前記パターン層における各パターンは、隣接する他のパターンに対して、大きさと形状とのうちの少なくとも一方が異なることを特徴とする電波吸収体。

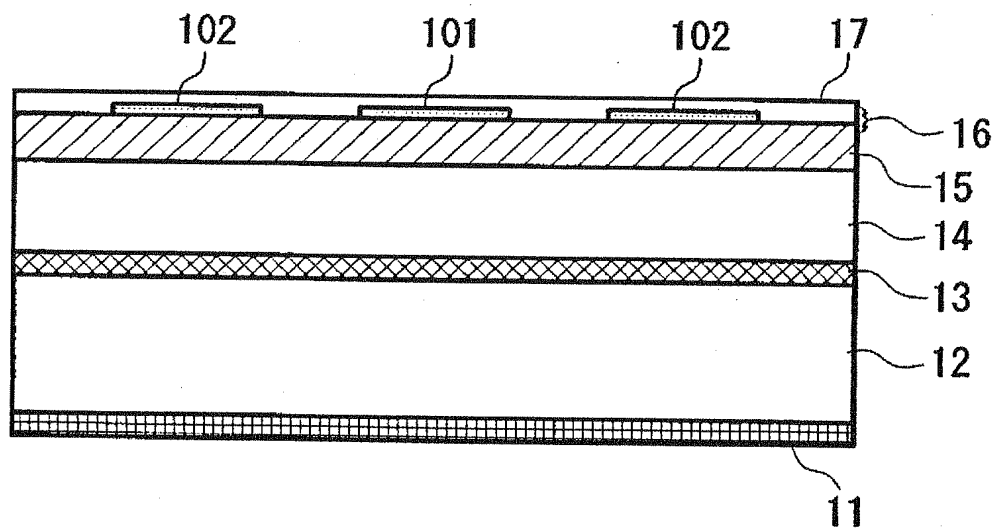
[43] 前記高抵抗導体層の表面抵抗率は、 $100[\Omega/\square]$ から $100[k\Omega/\square]$ の範囲内であることを特徴とする請求項41又は42記載の電波吸収体。

[44] 前記高抵抗導体層は、導電性酸化物材料からなることを特徴とする請求項41又は42記載の電波吸収体。

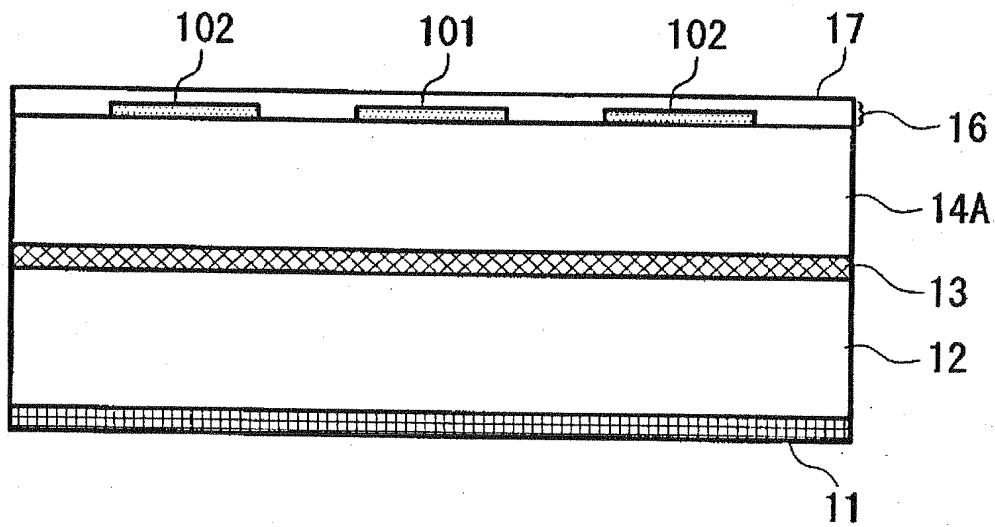
[45] 前記高抵抗導体層は、導電性酸化物材料であるITO (酸化インジウム錫) からなることを特徴とする請求項44記載の電波吸収体。

- [46] 前記高抵抗導体層は、導電性を有するカーボン材料からなることを特徴とする請求項41又は42記載の電波吸収体。

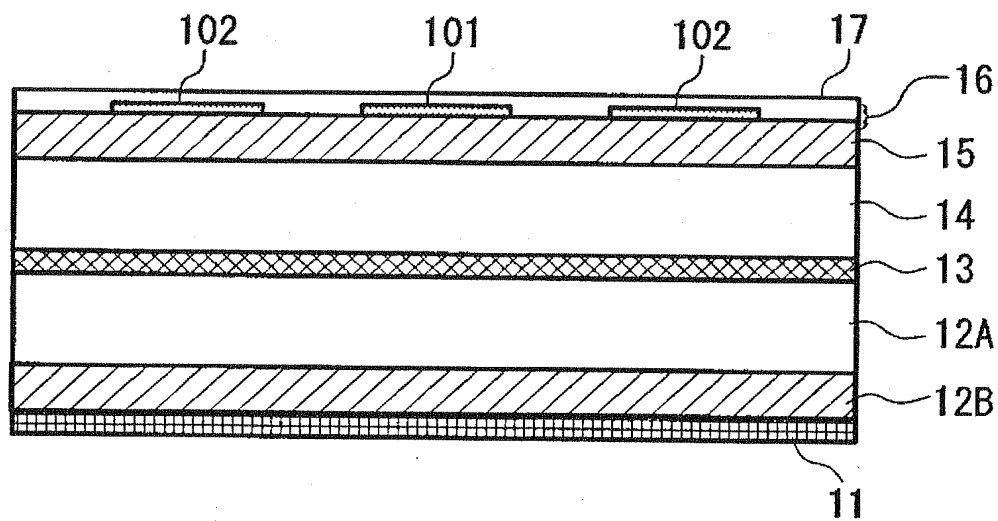
[図1]



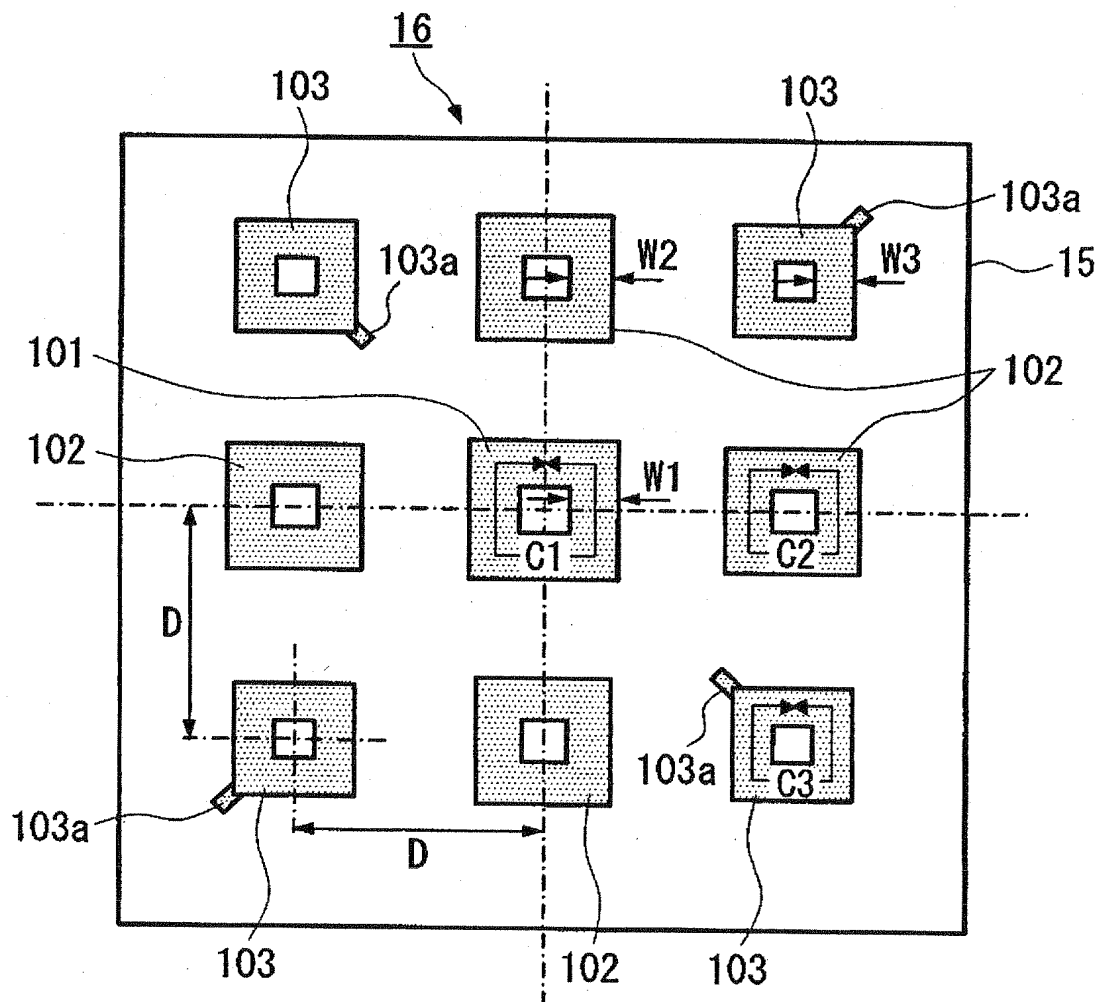
[図2]



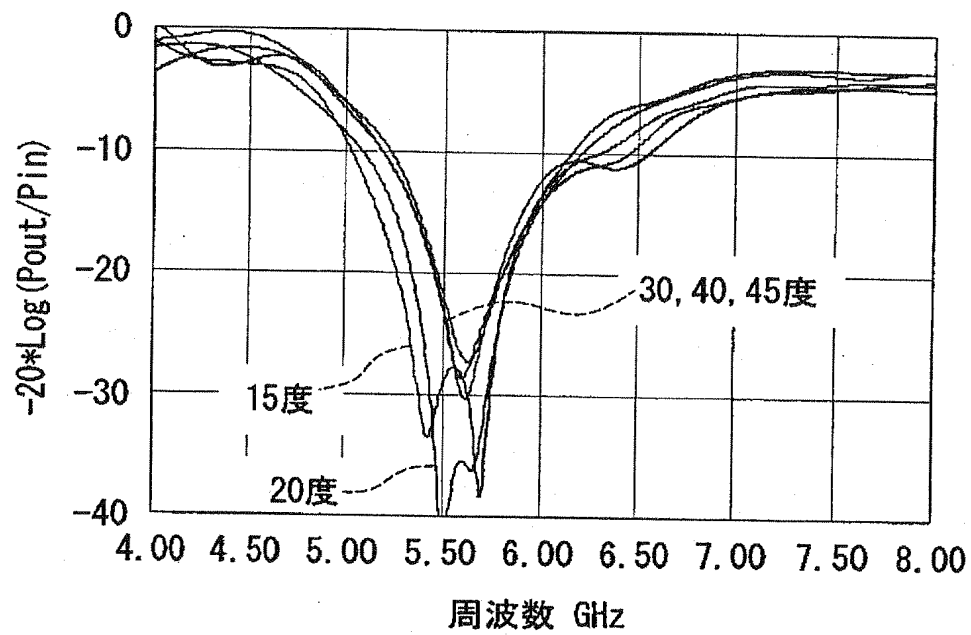
[図3]



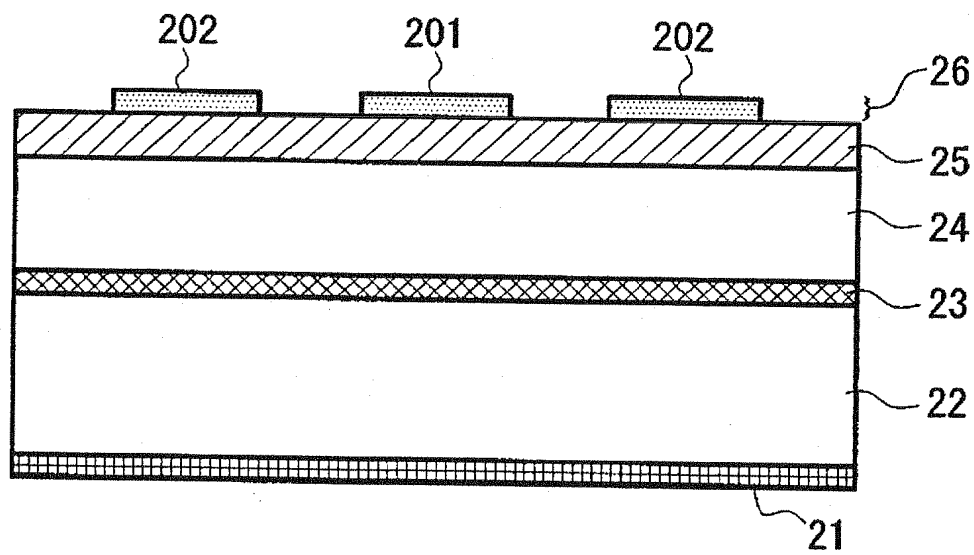
[図4]



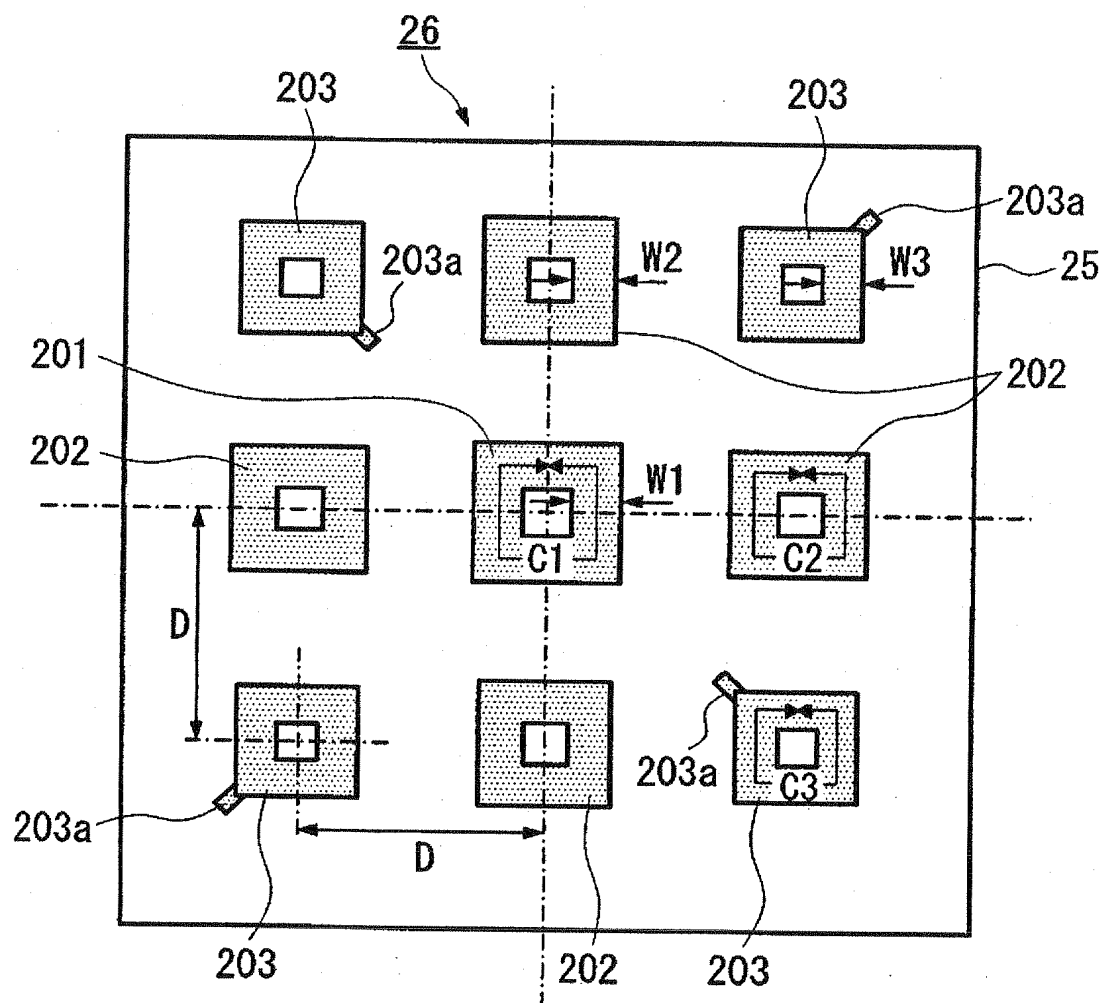
[図5]



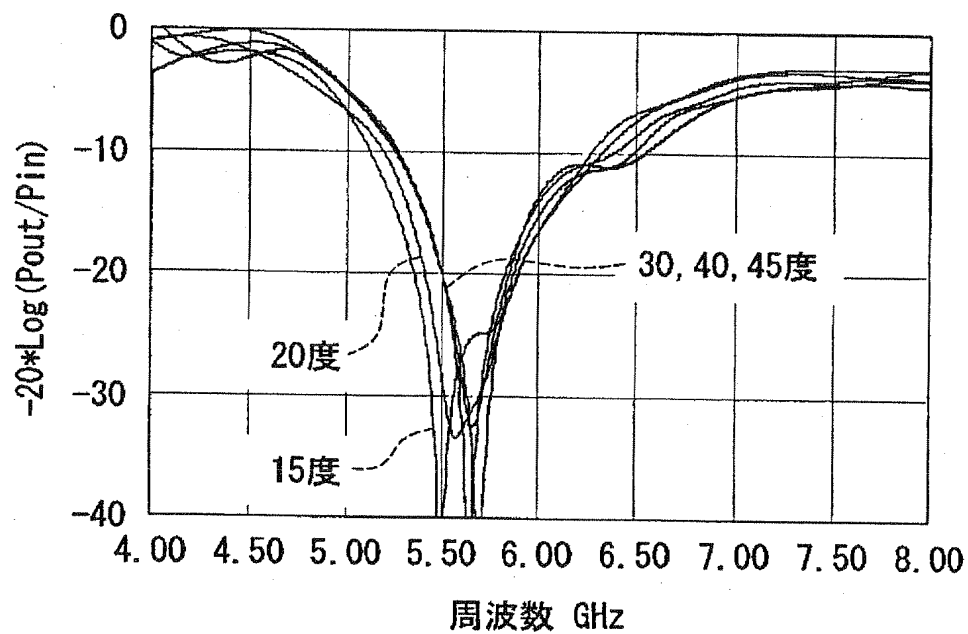
[図6]



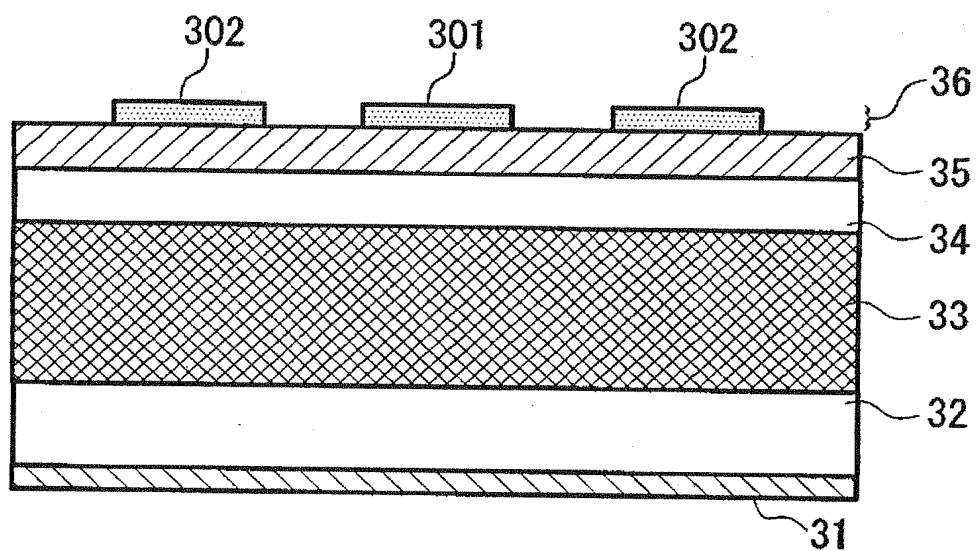
[図7]



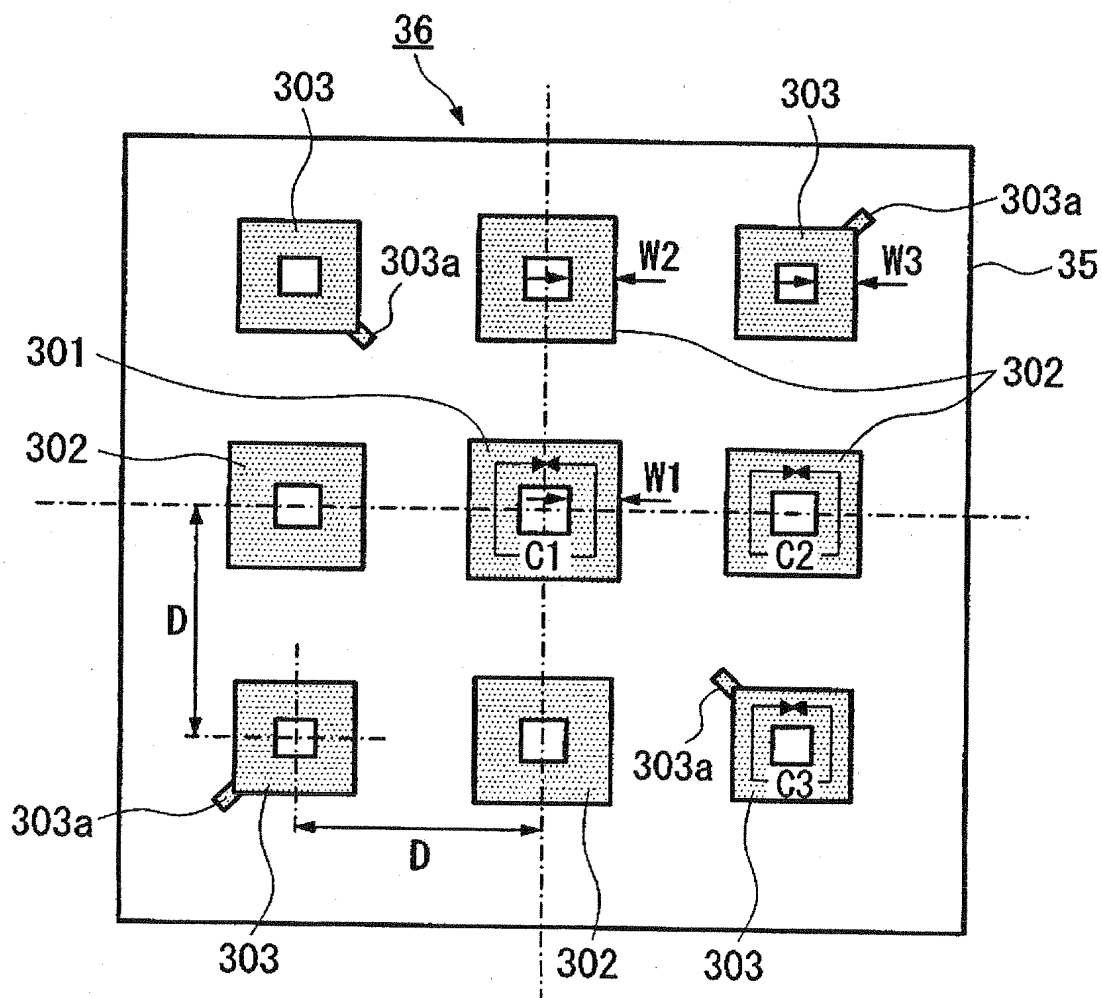
[図8]



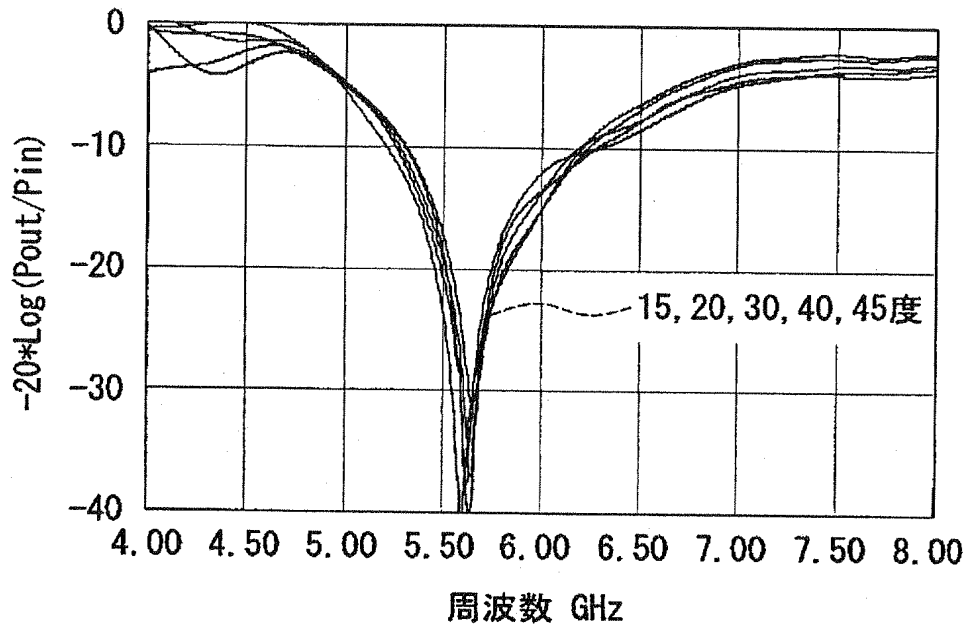
[図9]



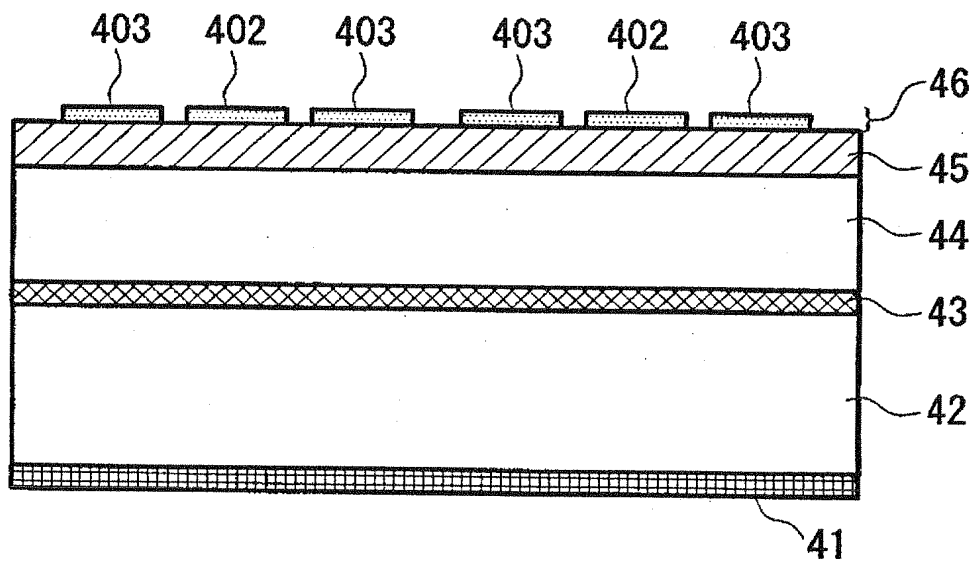
[図10]



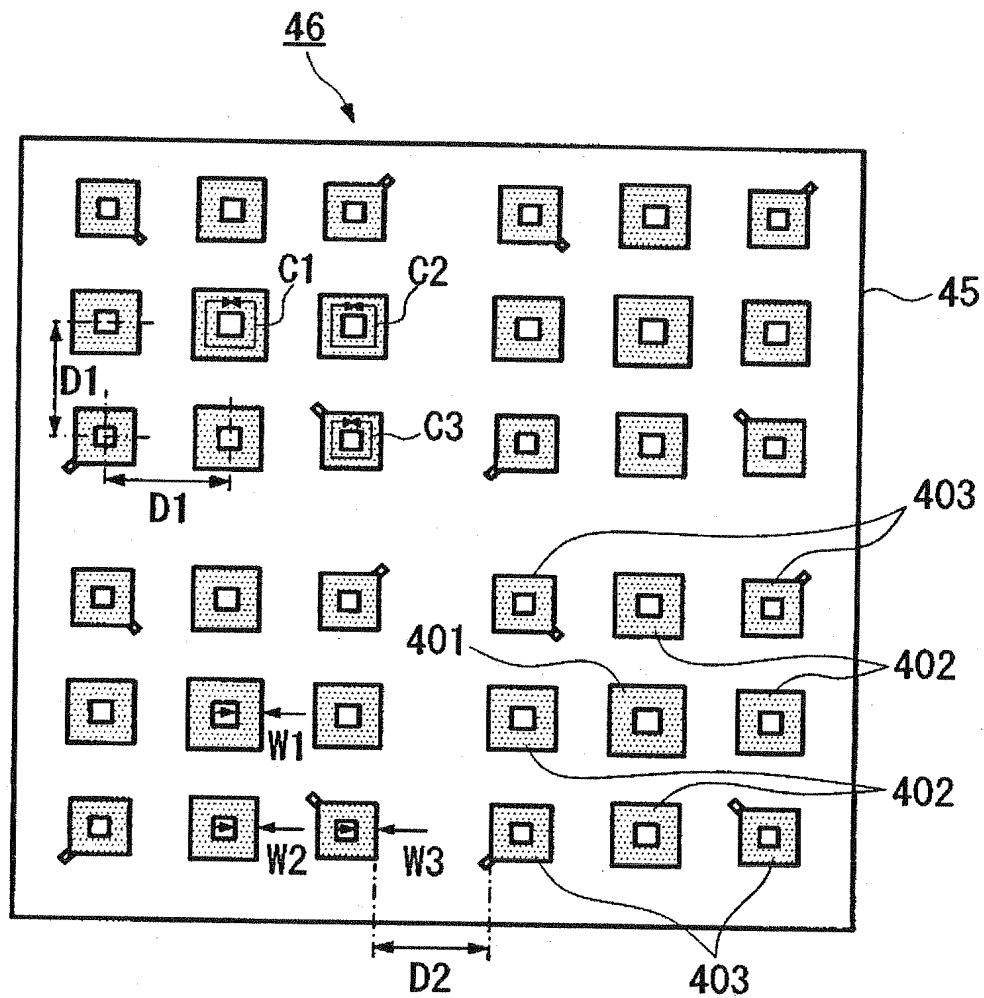
[図11]



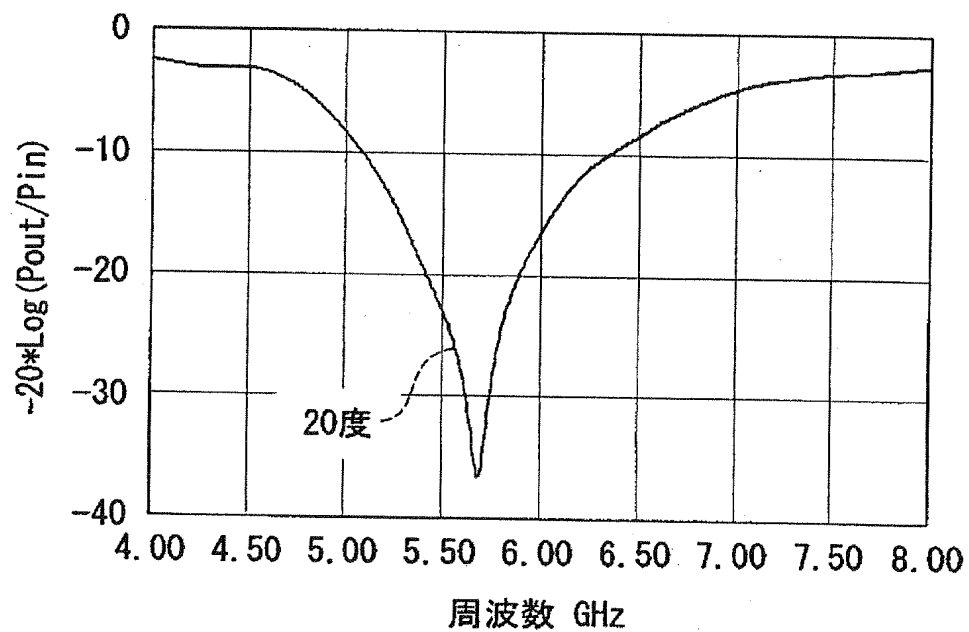
[図12]



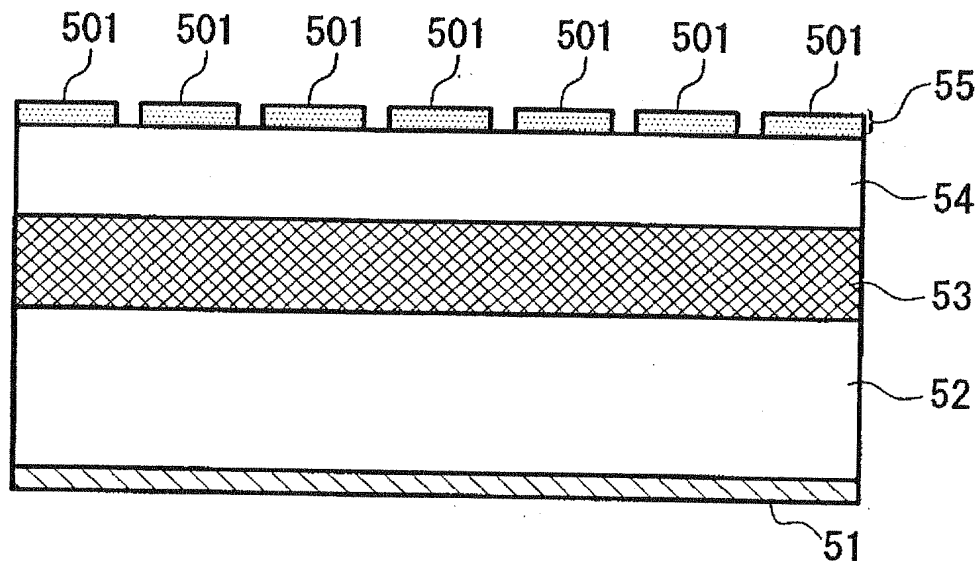
[図13]



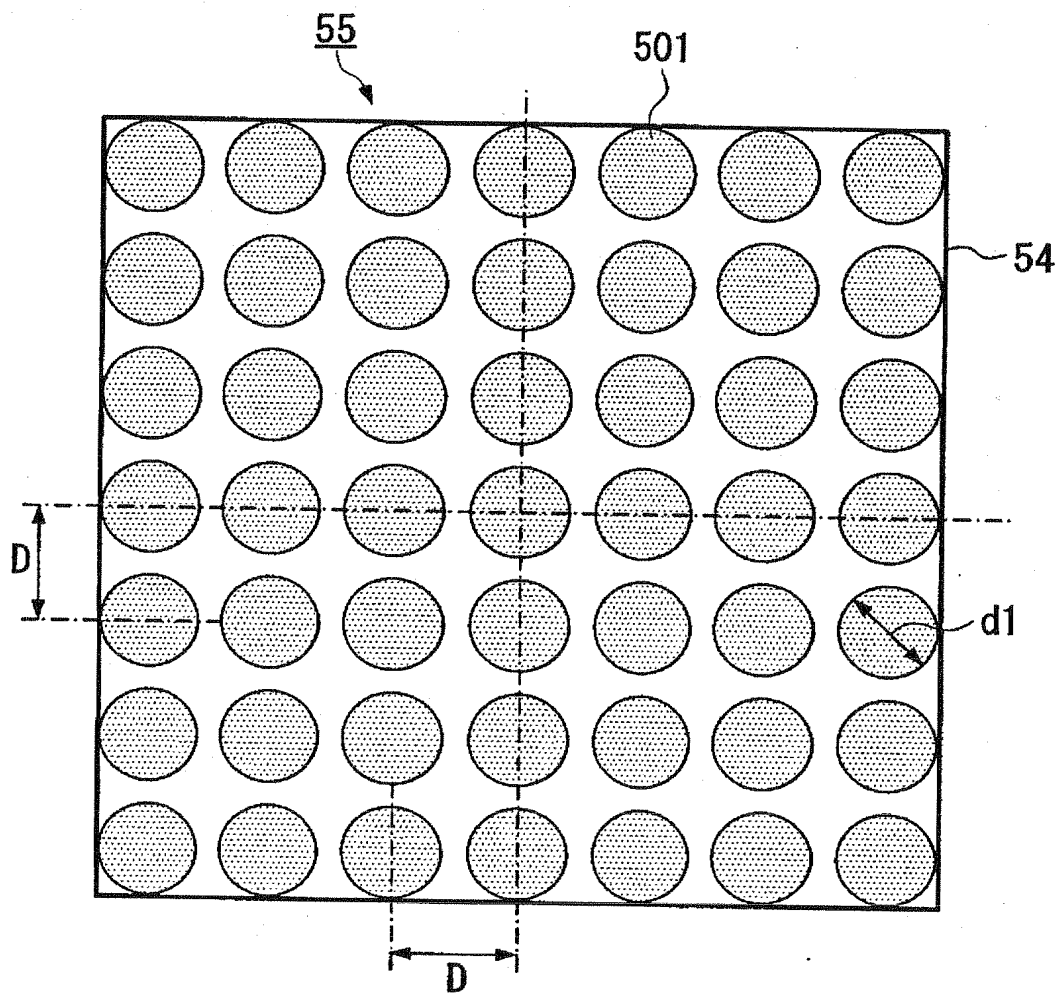
[図14]



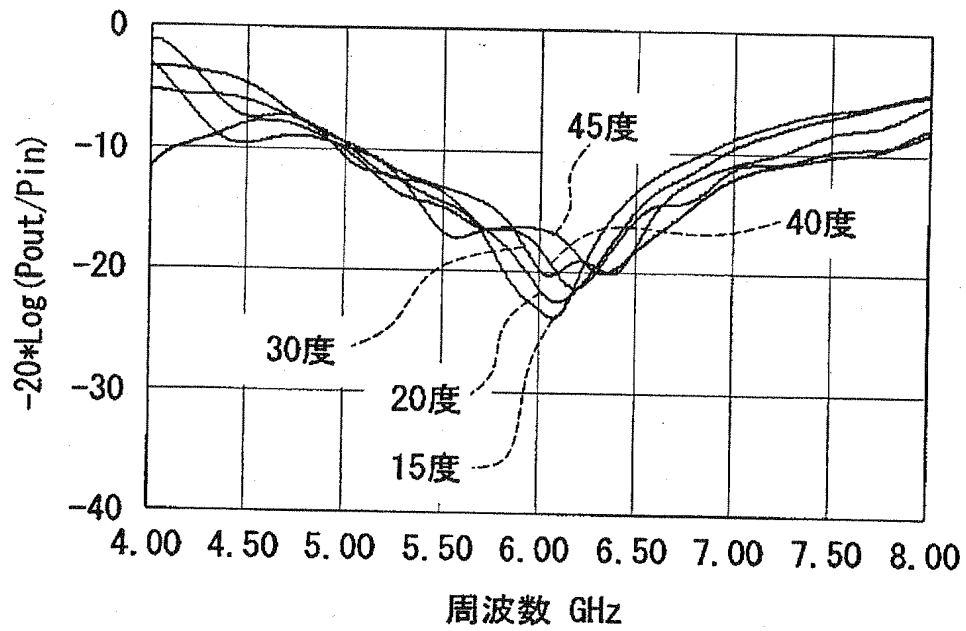
[[図15]]



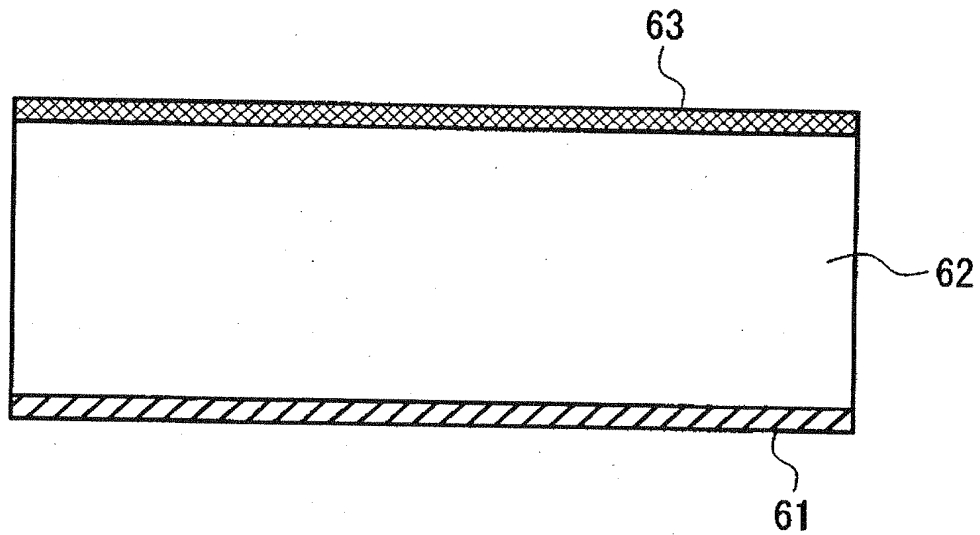
[[図16]]



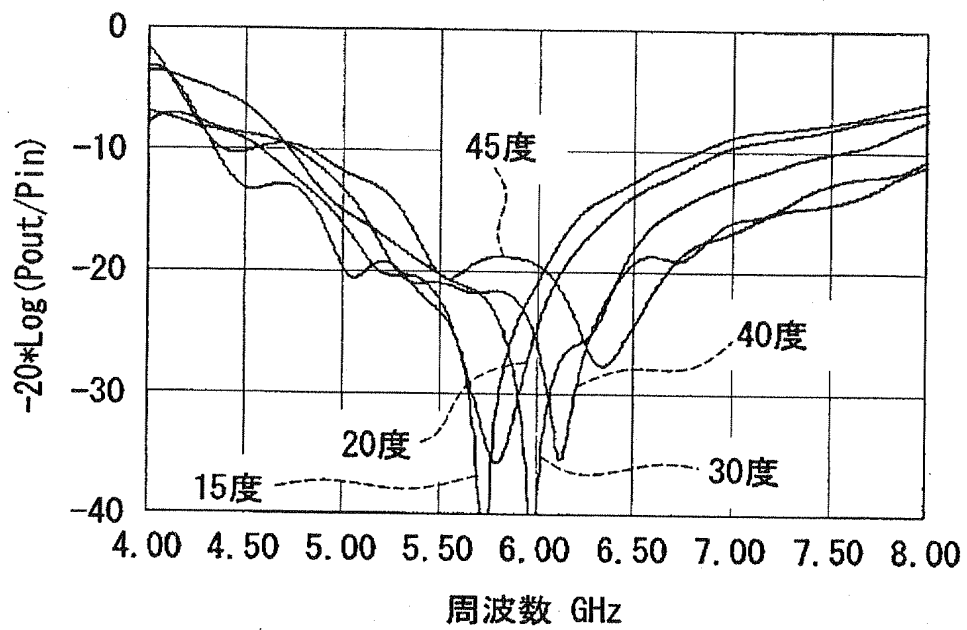
[図17]



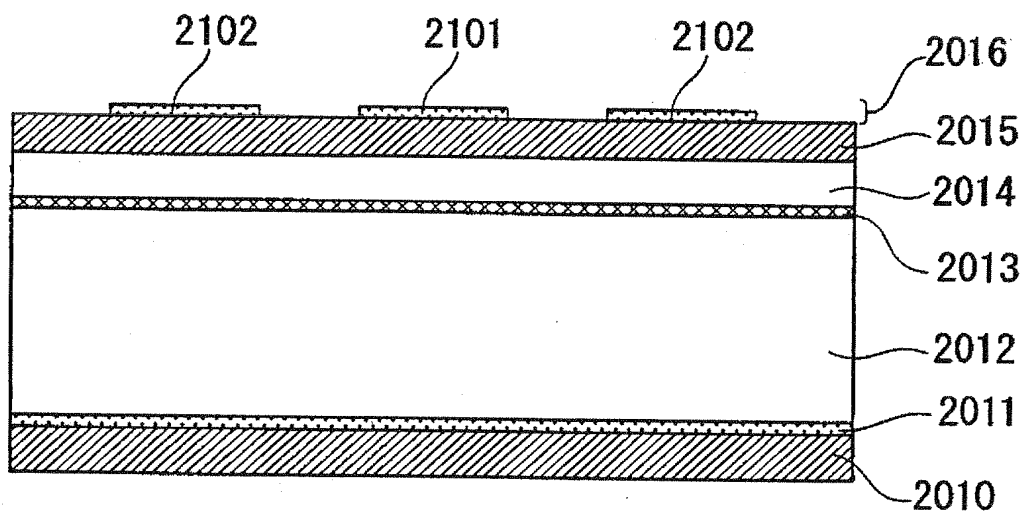
[図18]



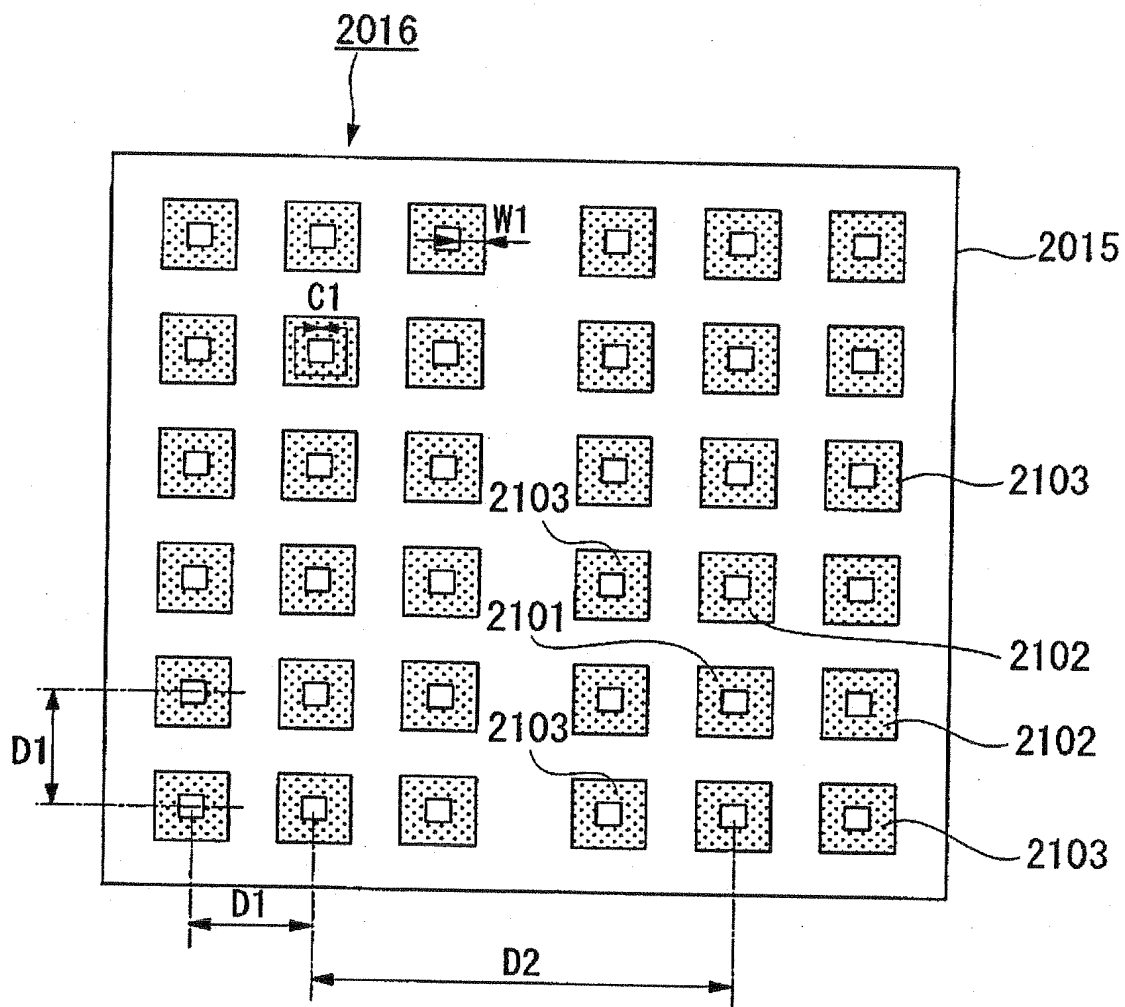
[図19]



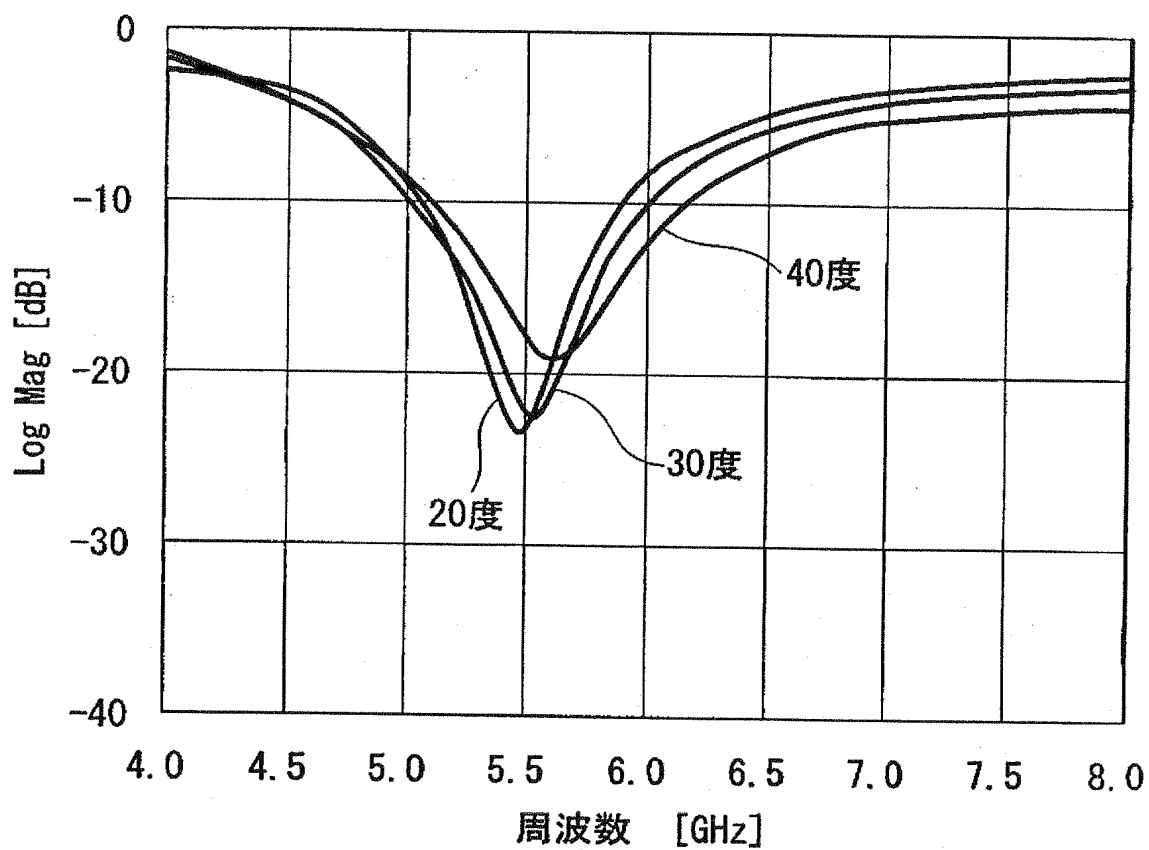
[図20]



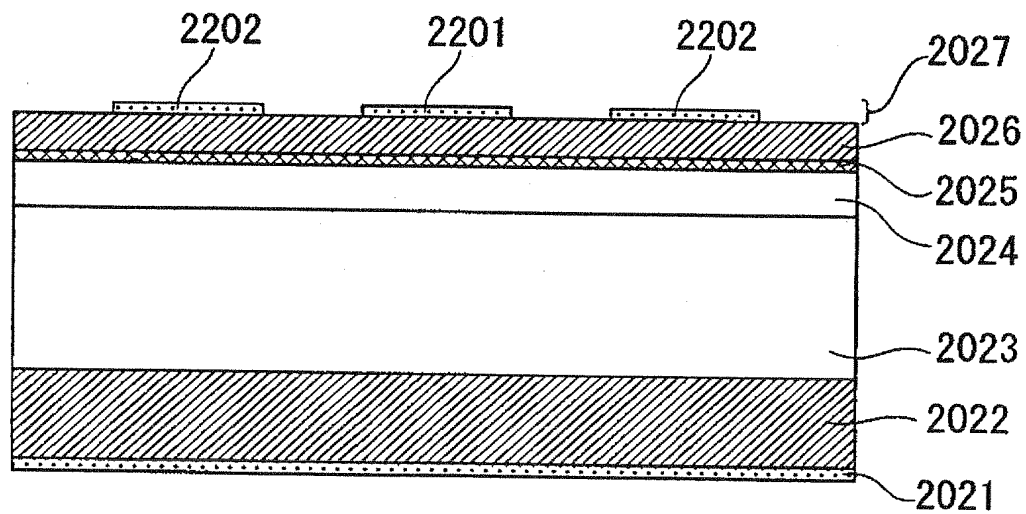
[図21]



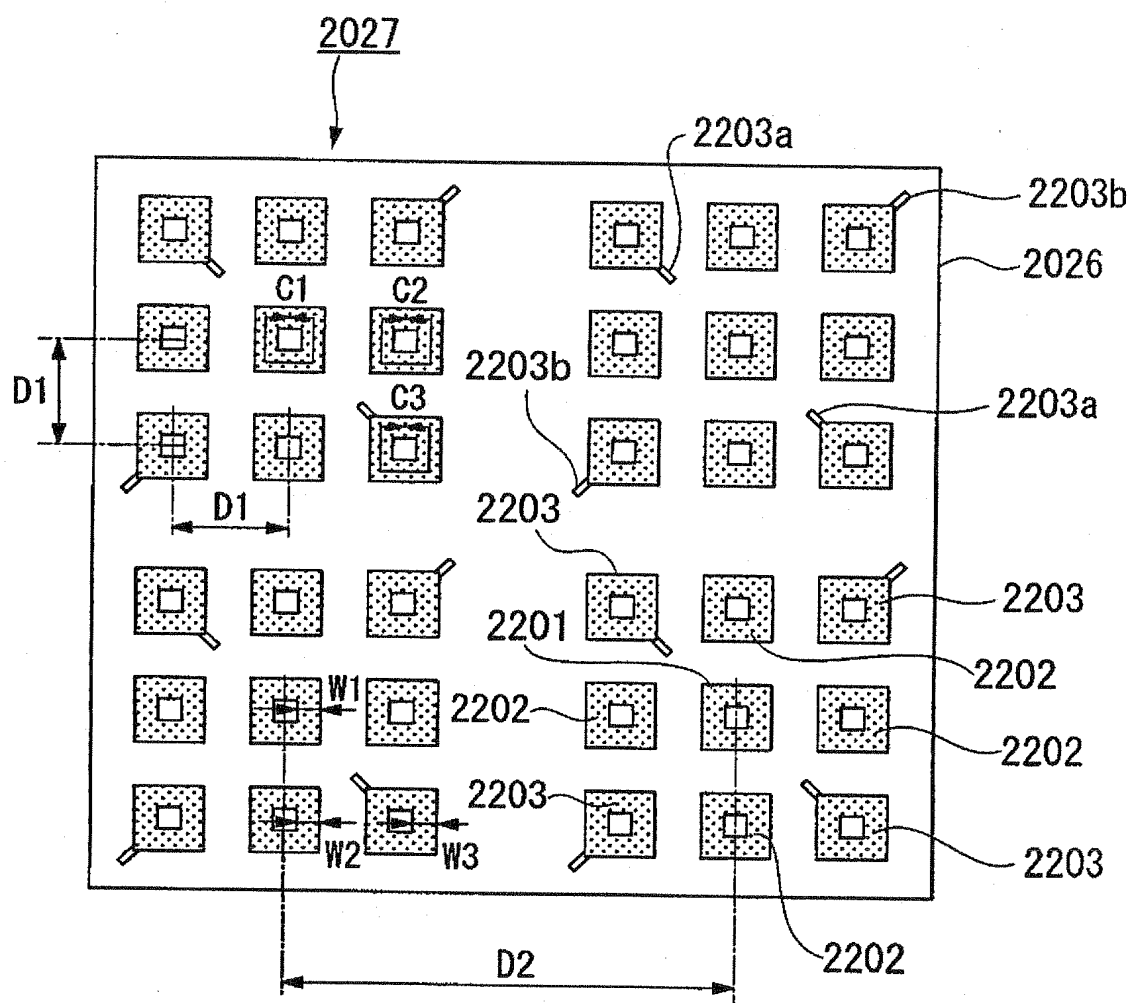
[図22]



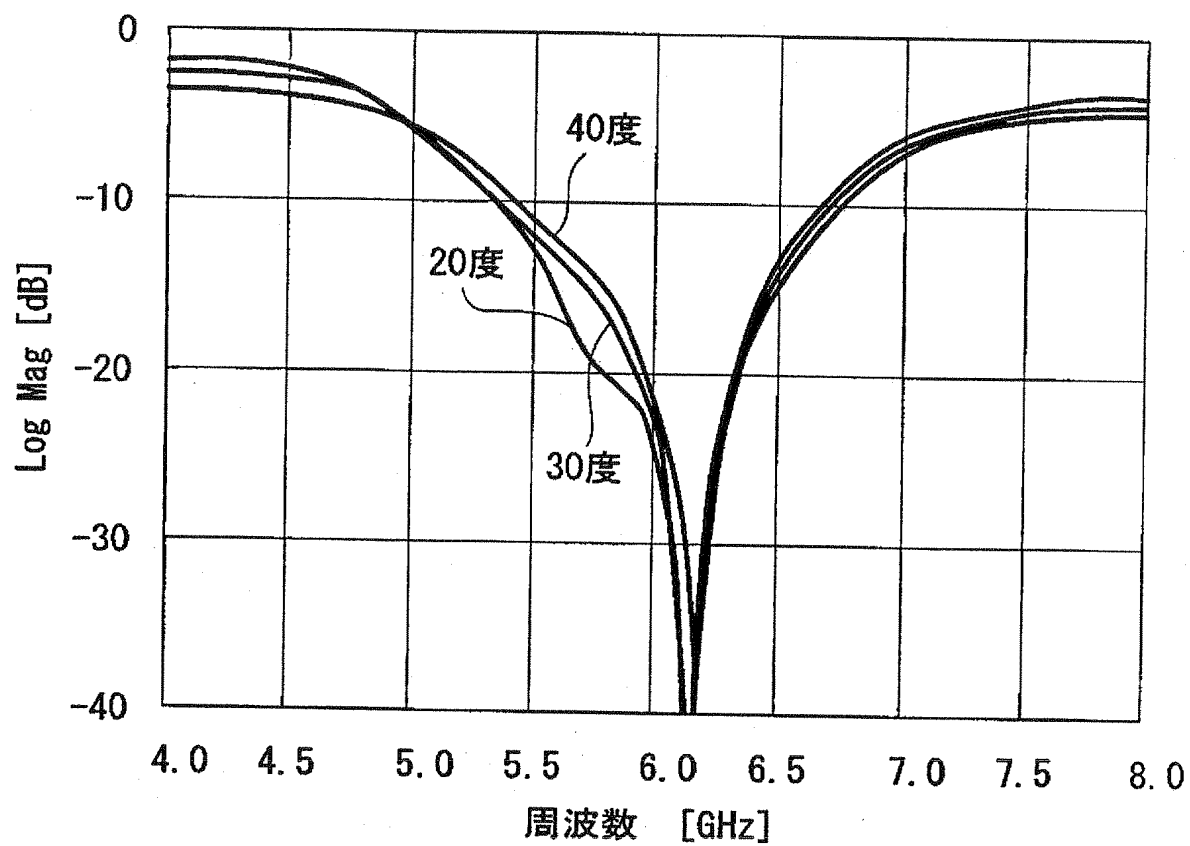
[図23]



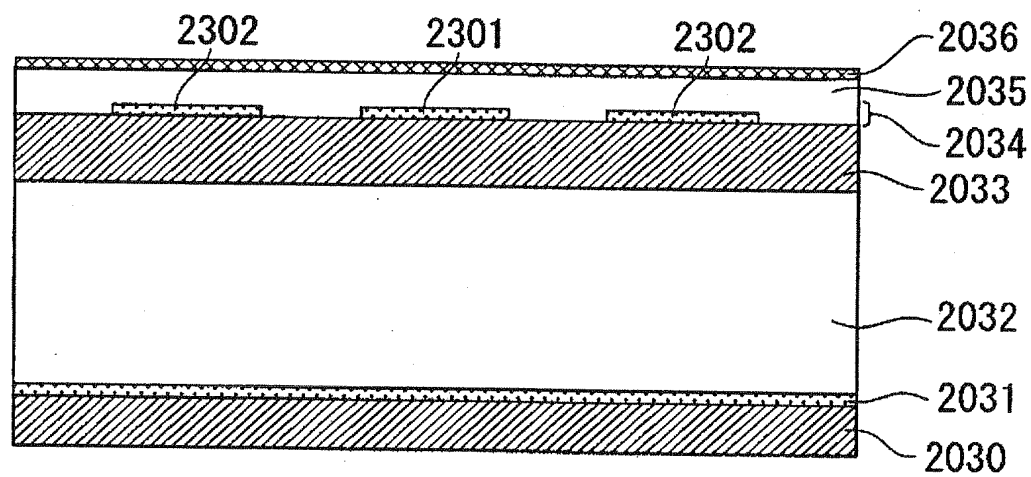
[図24]



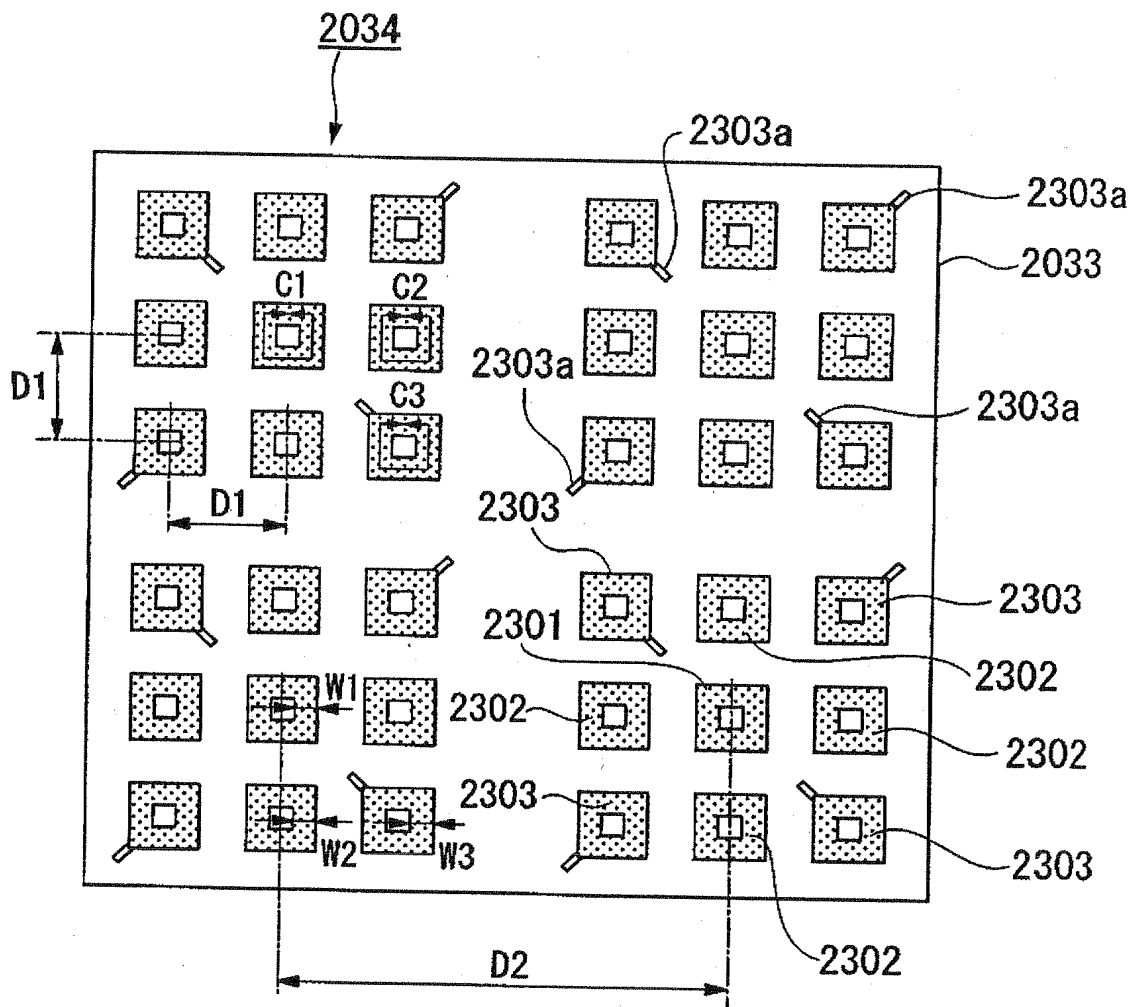
[図25]



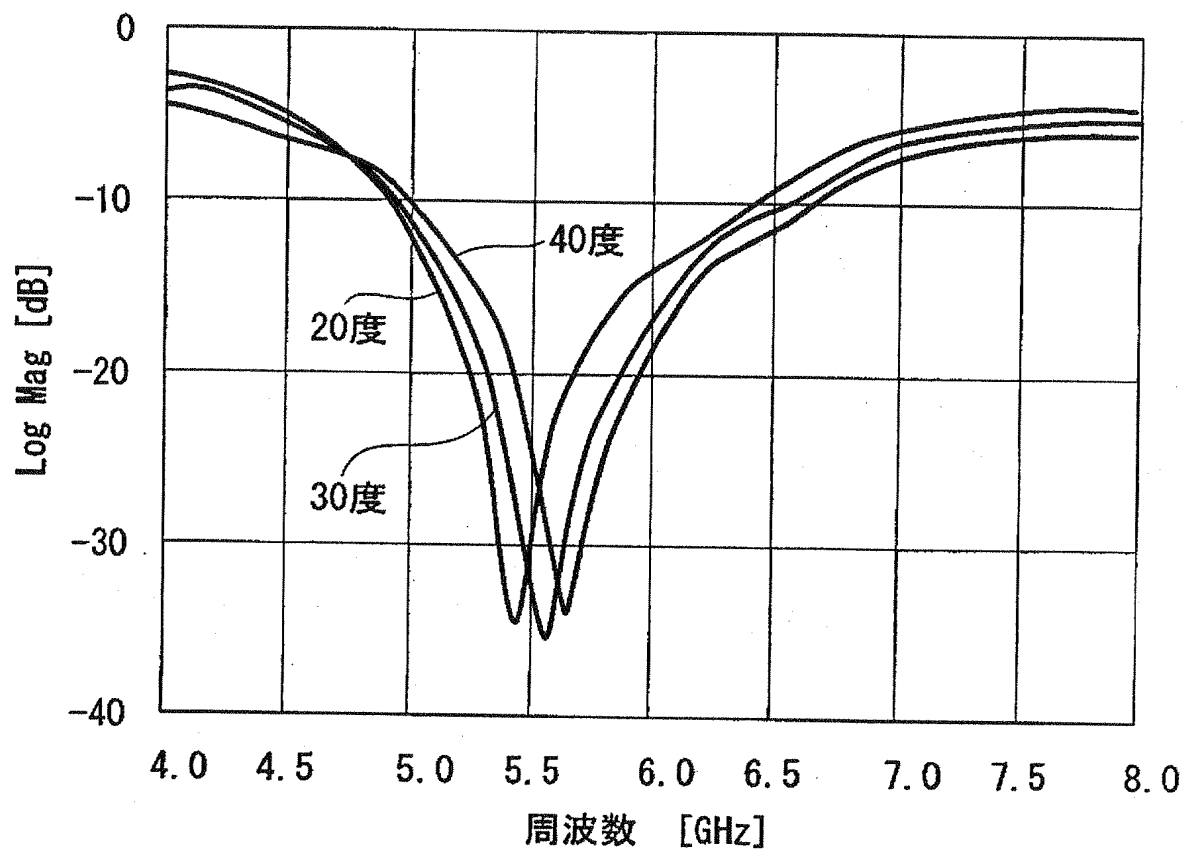
[図26]



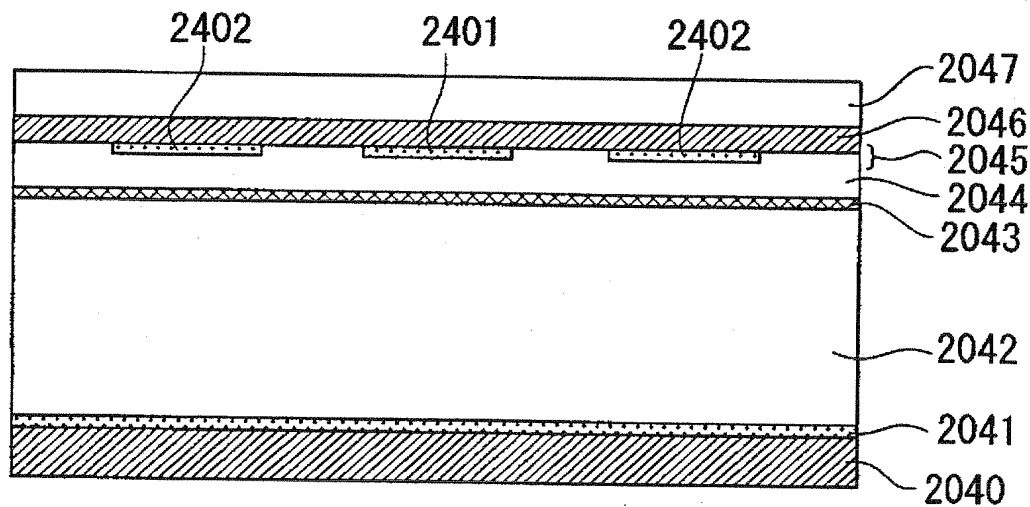
[図27]



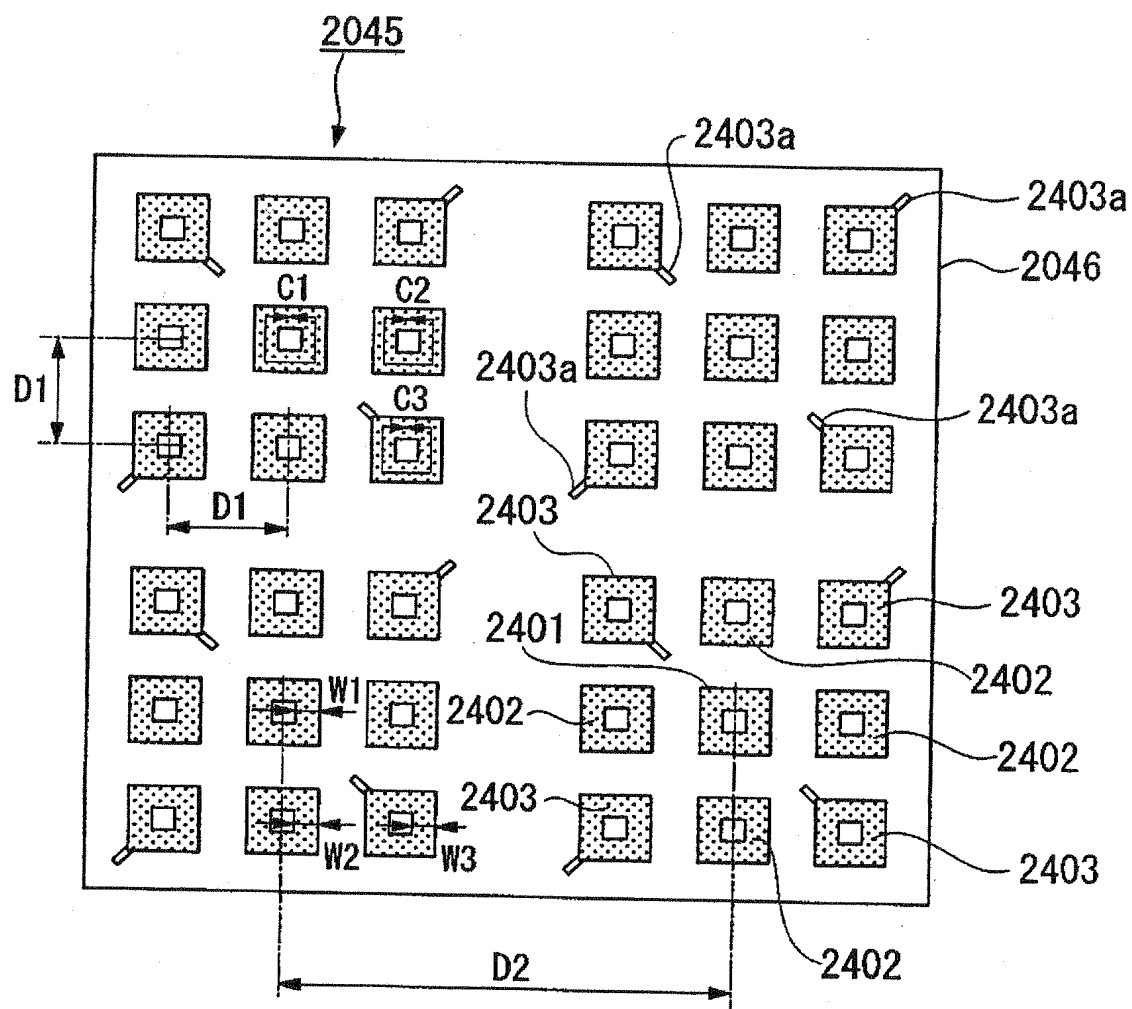
[図28]



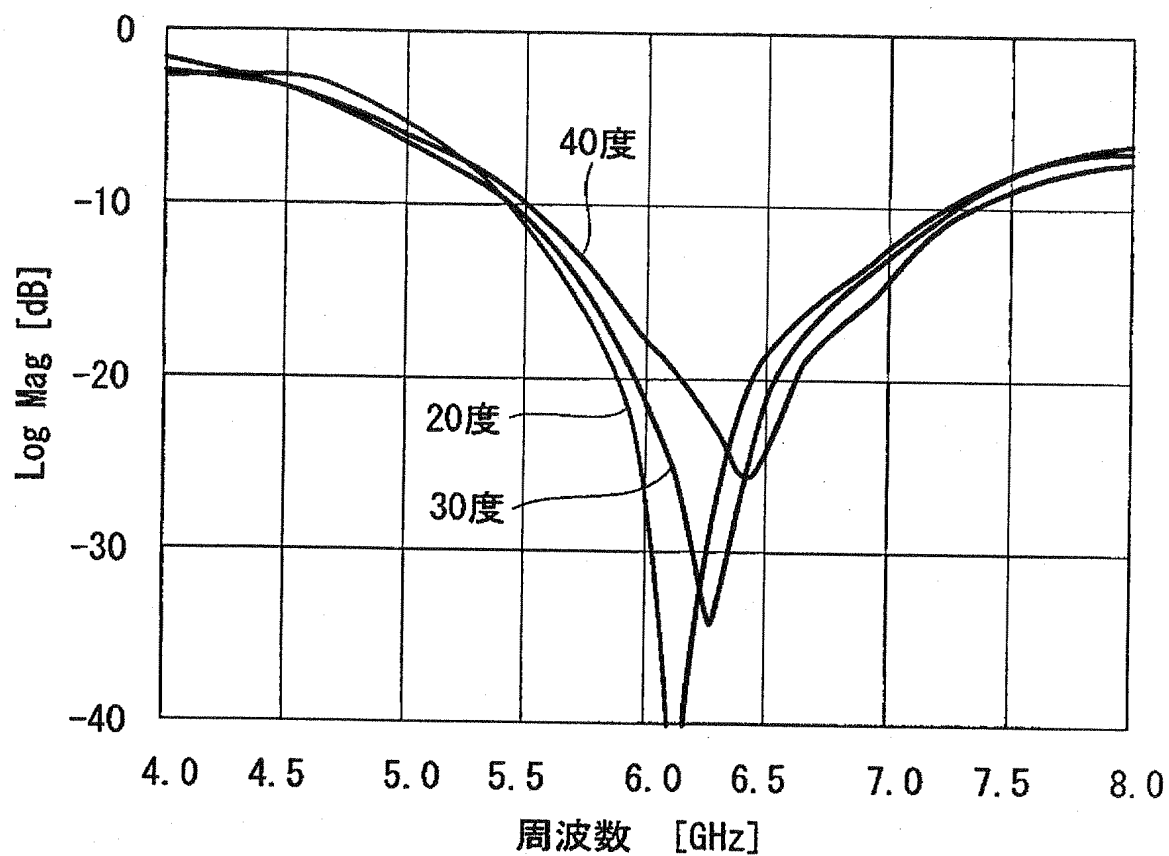
[図29]



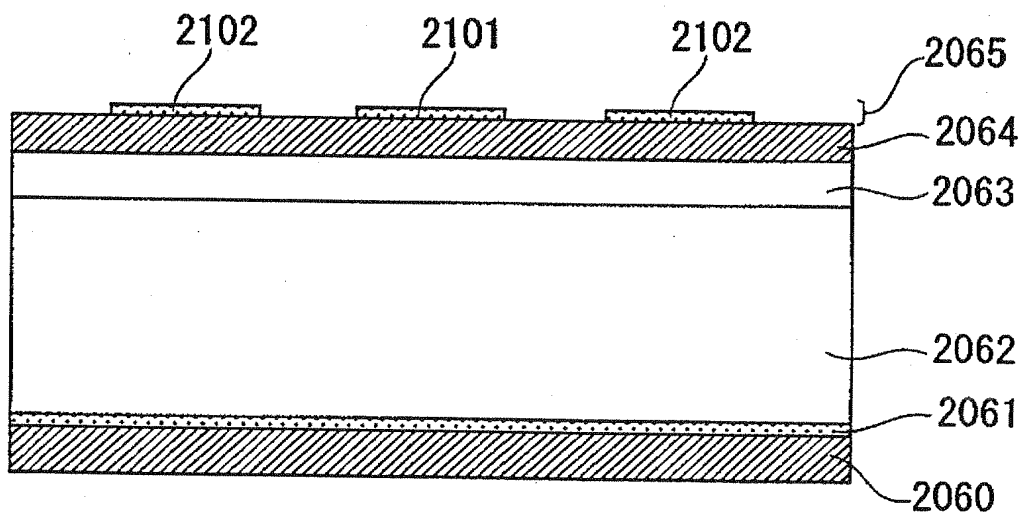
[図30]



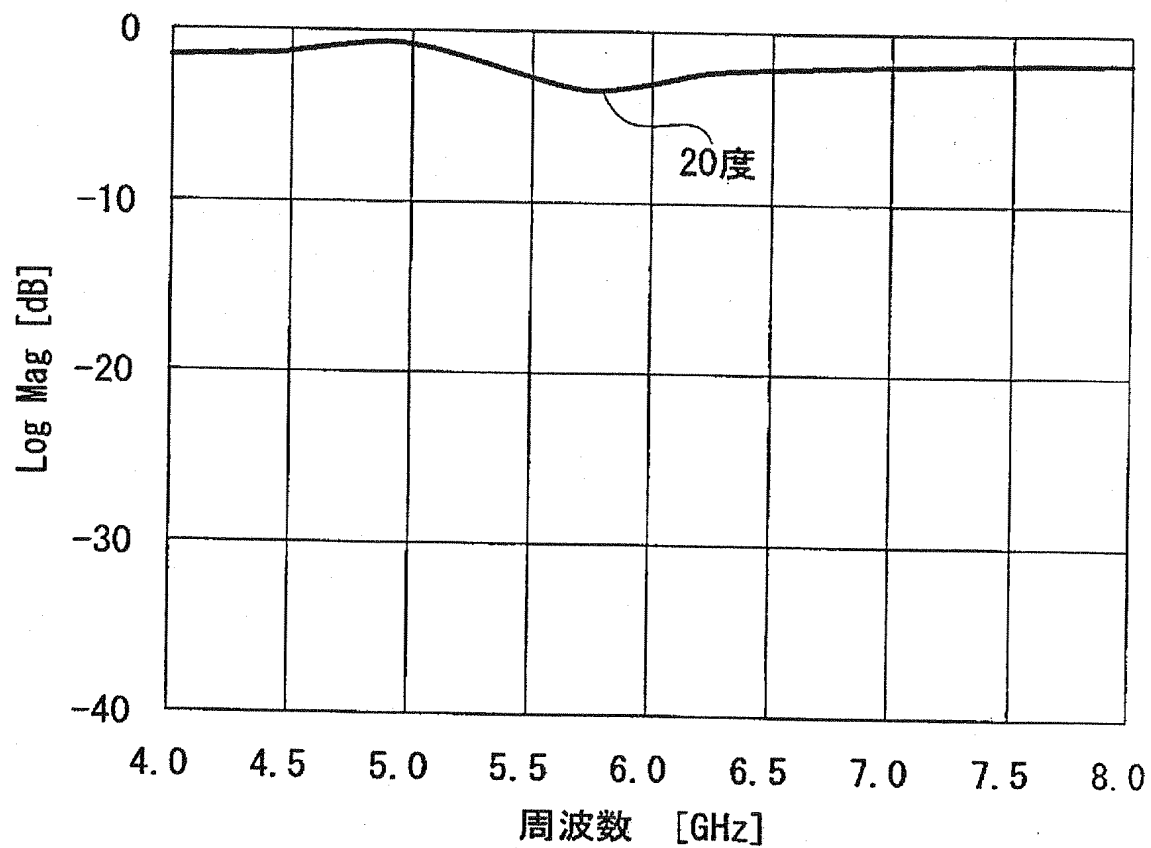
[図31]



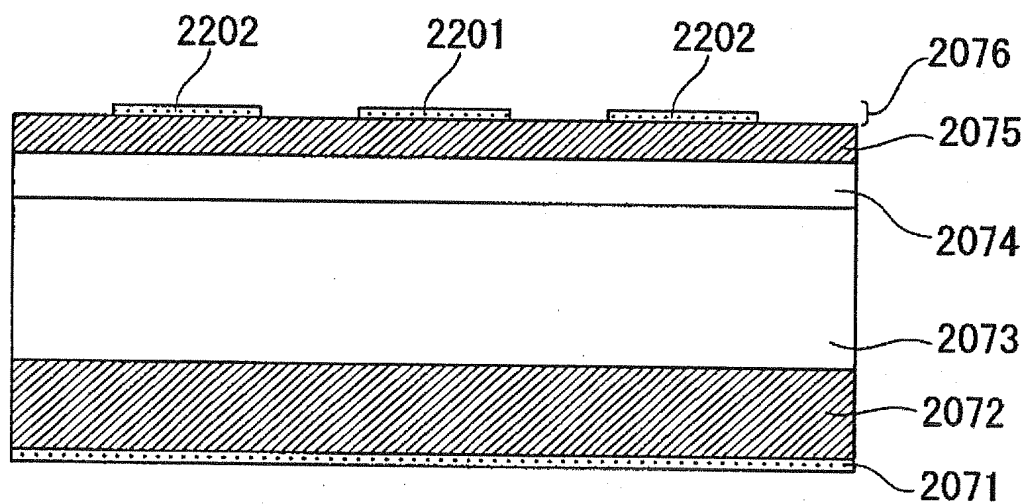
[図32]



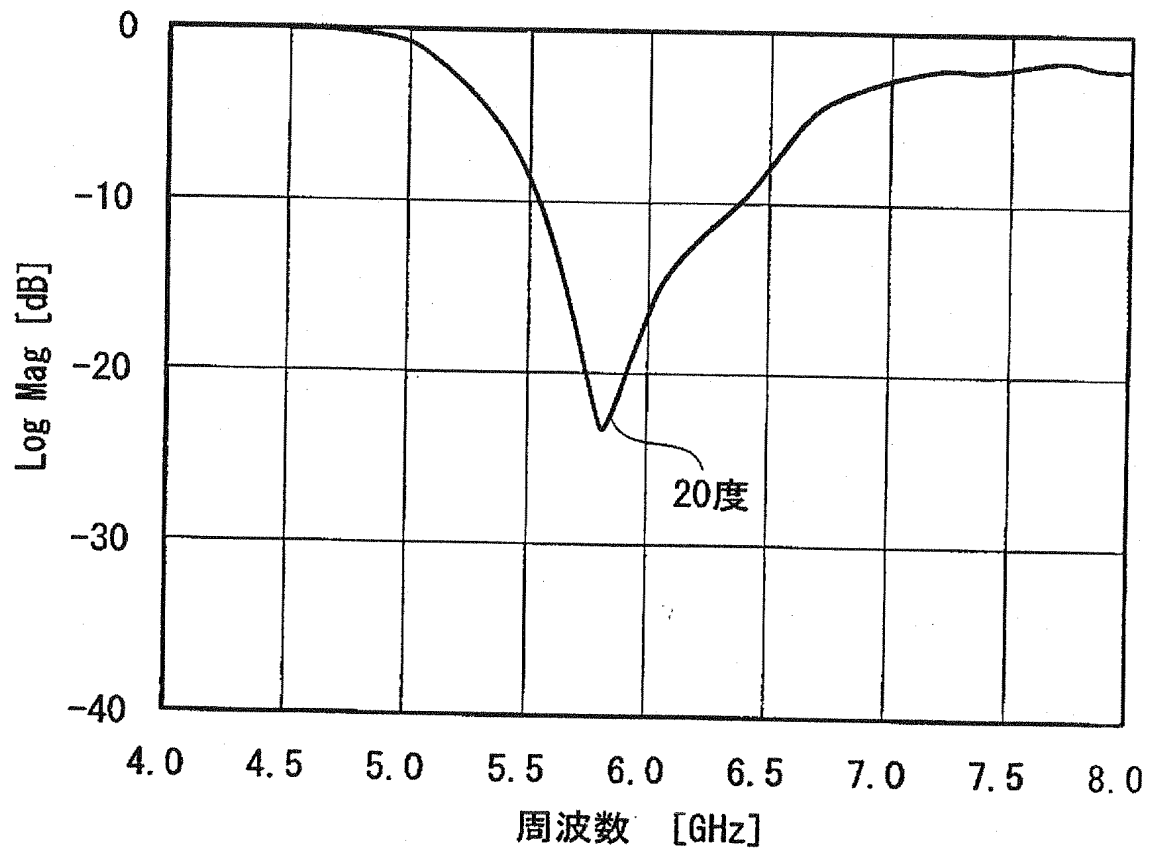
[図33]



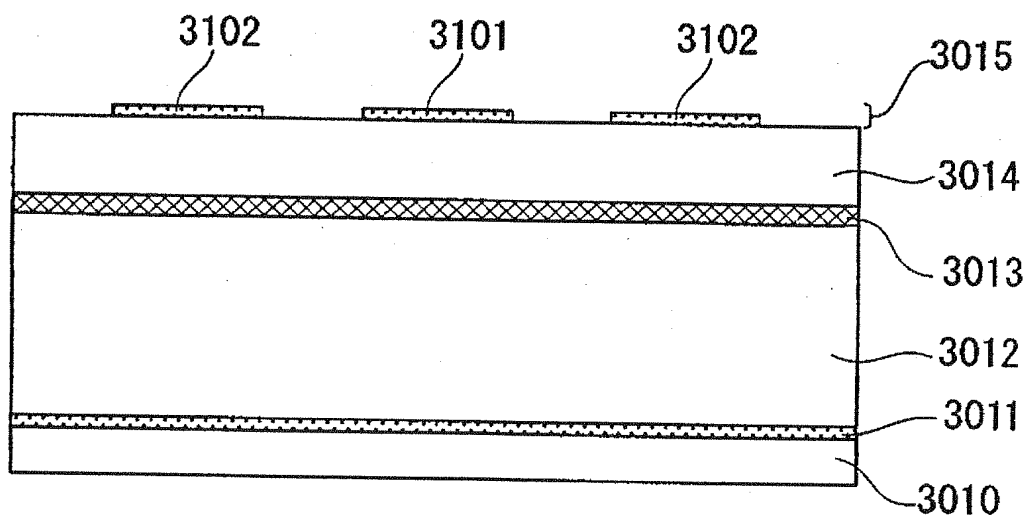
[図34]



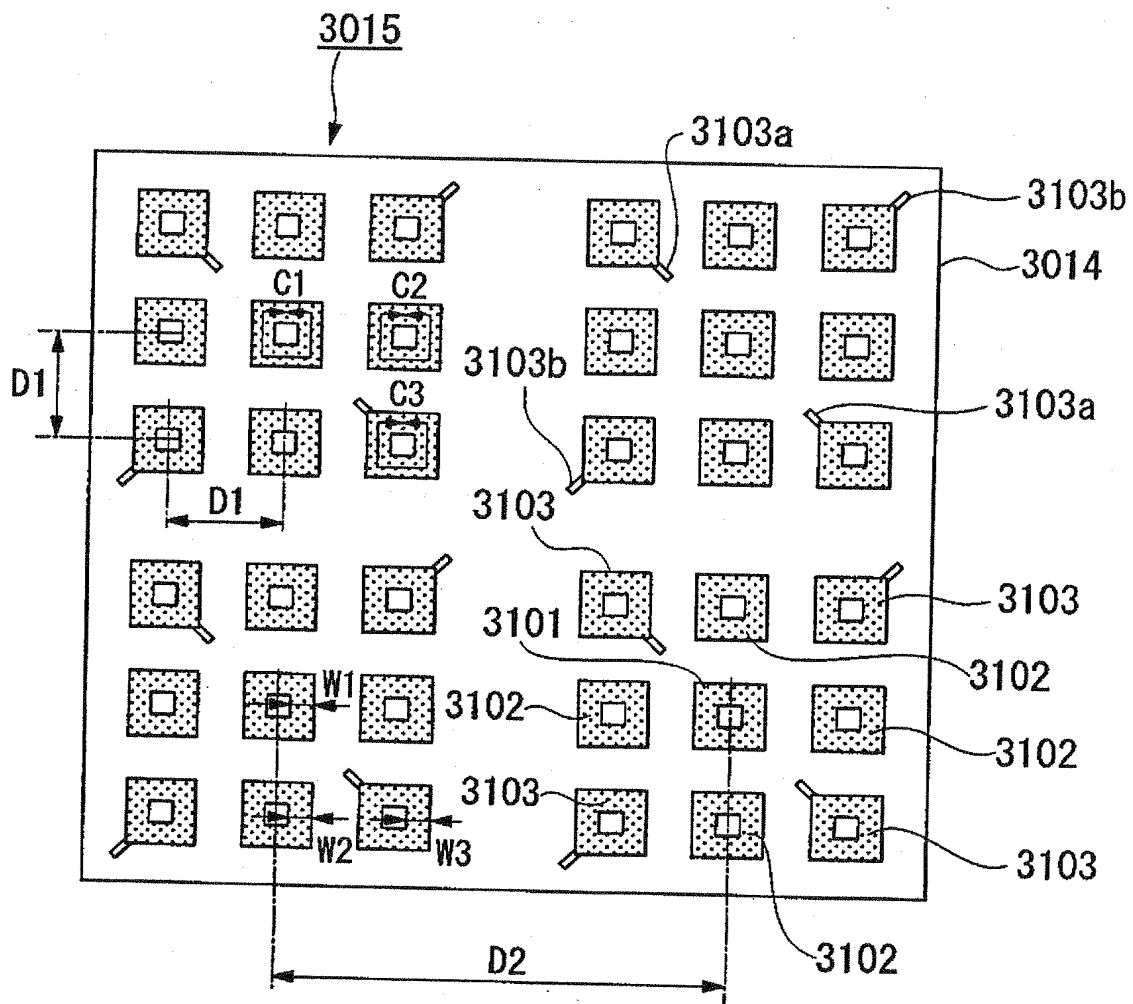
[図35]



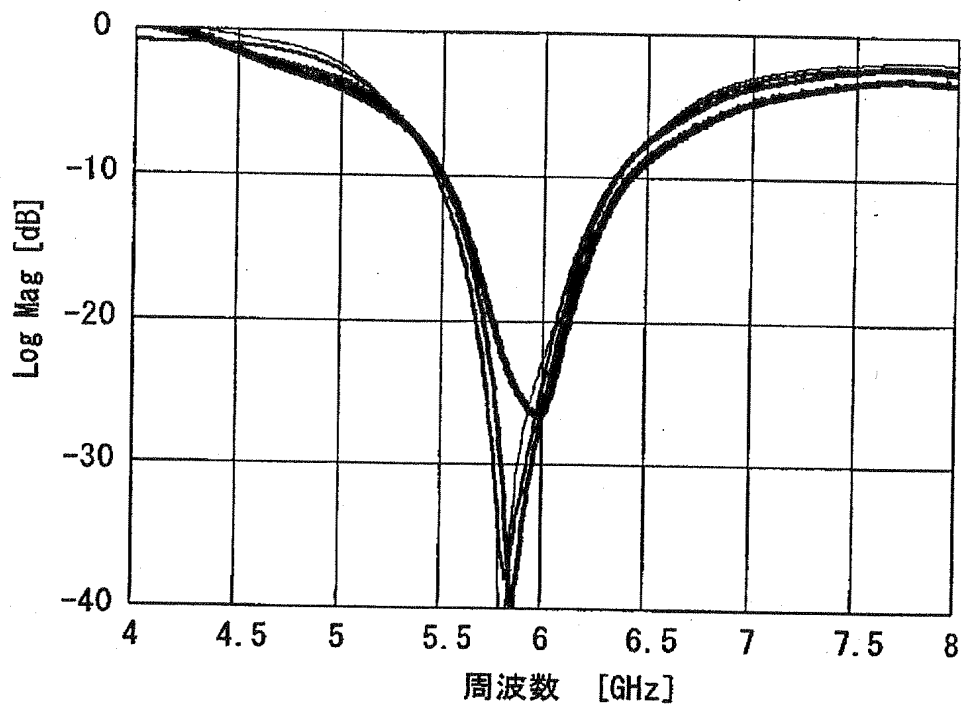
[図36]



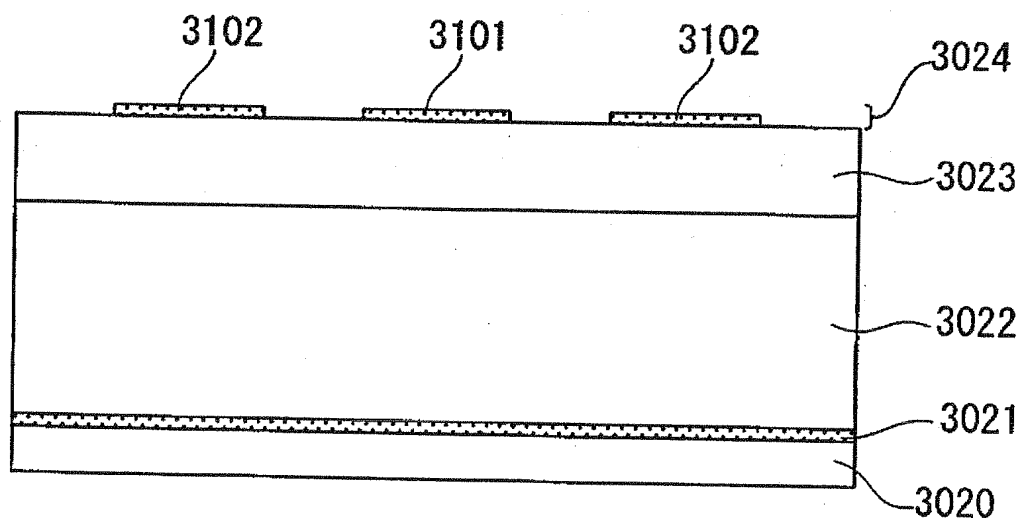
[図37]



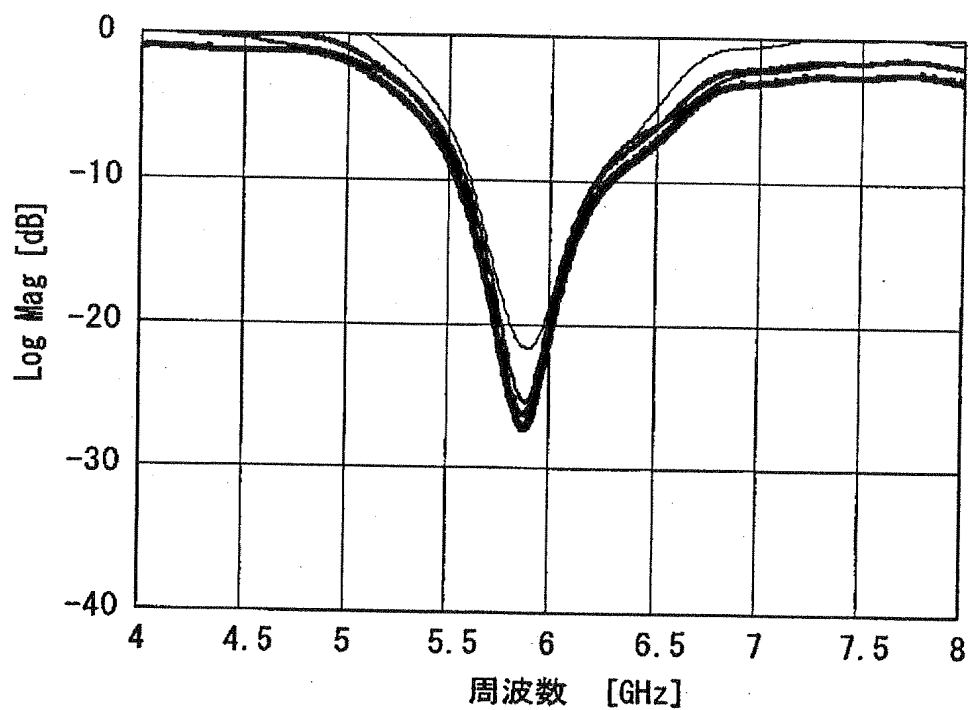
[図38]



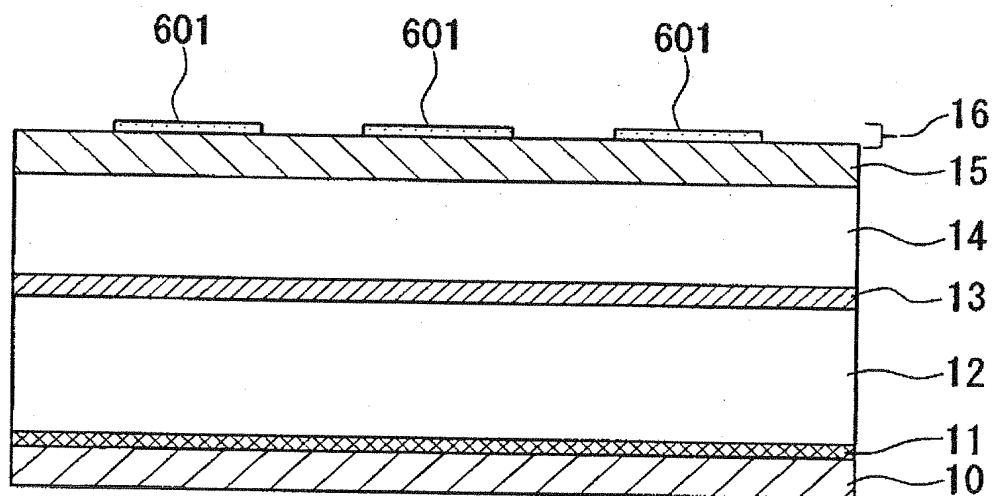
[図39]



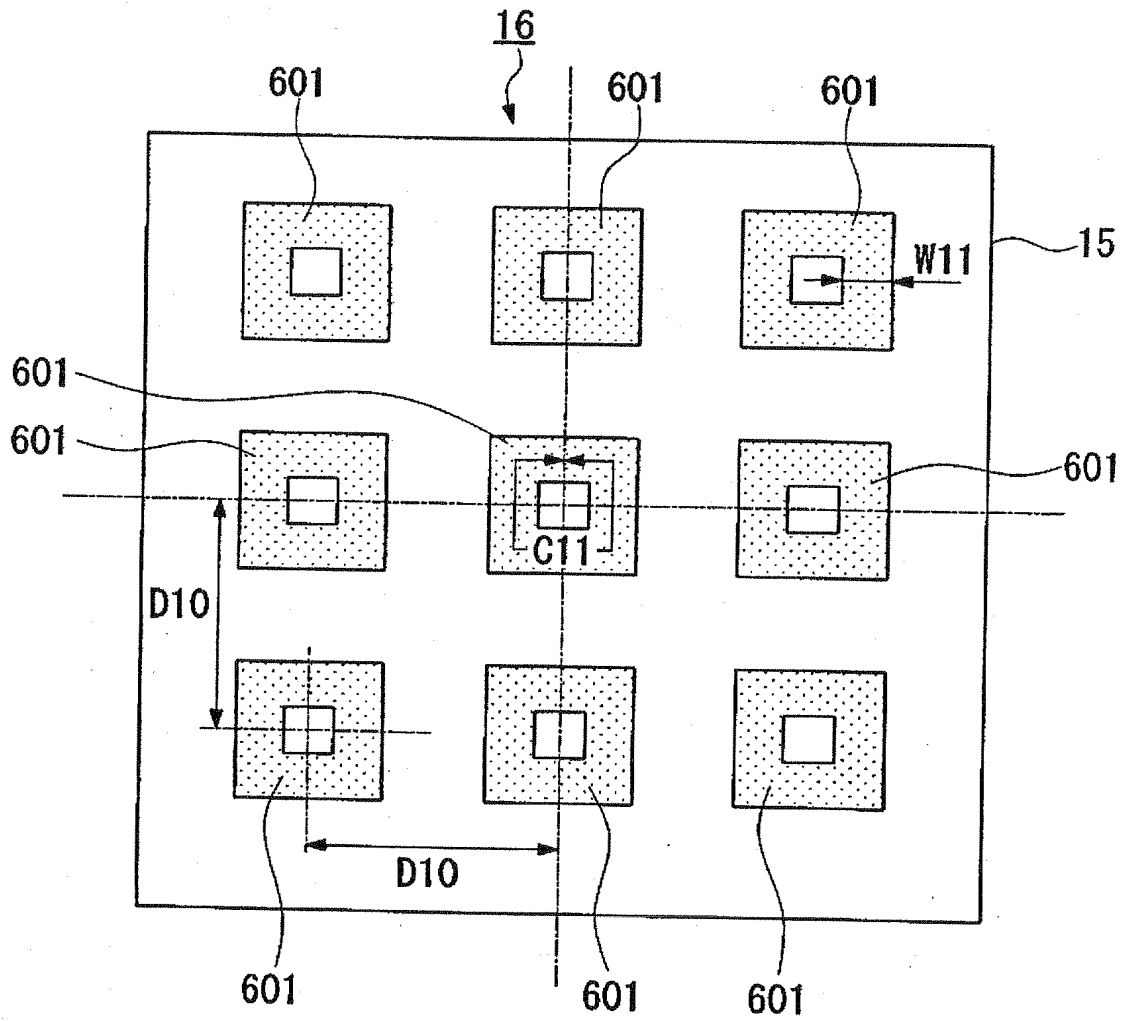
[図40]



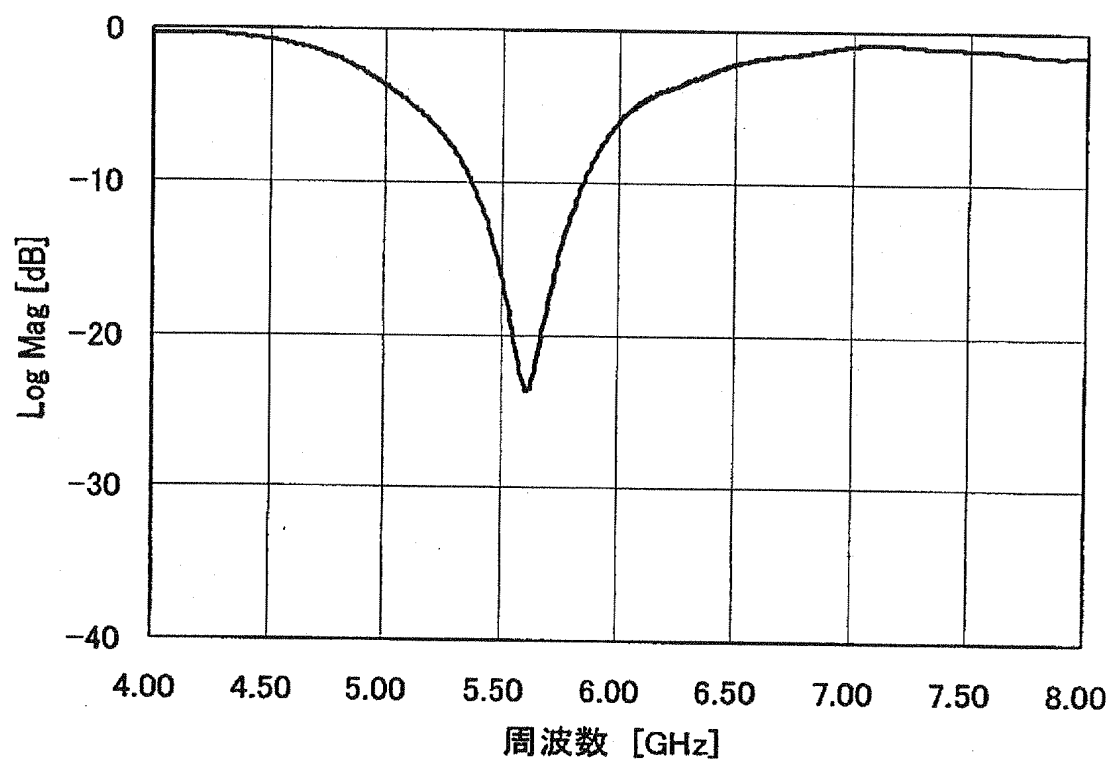
[図41]



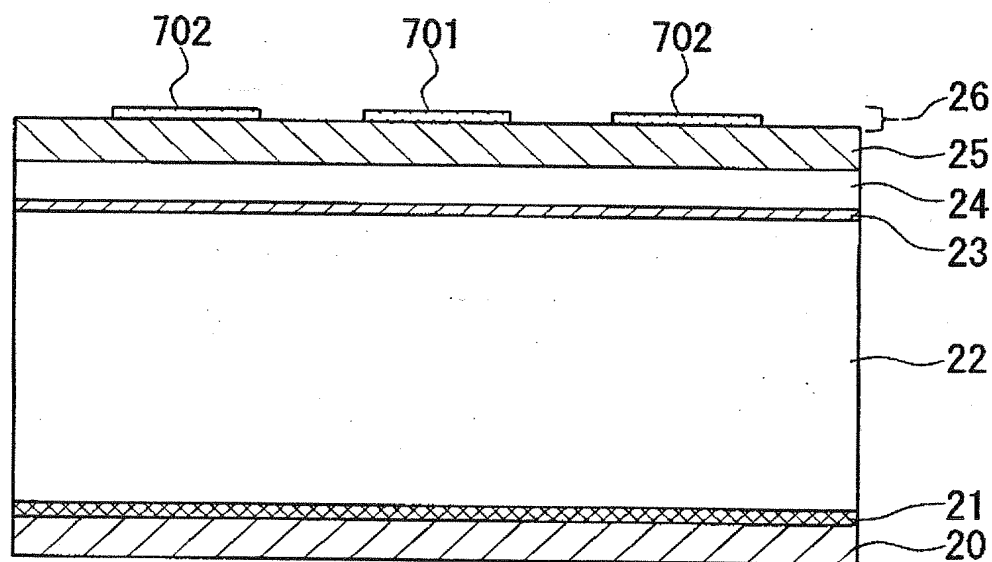
[図42]



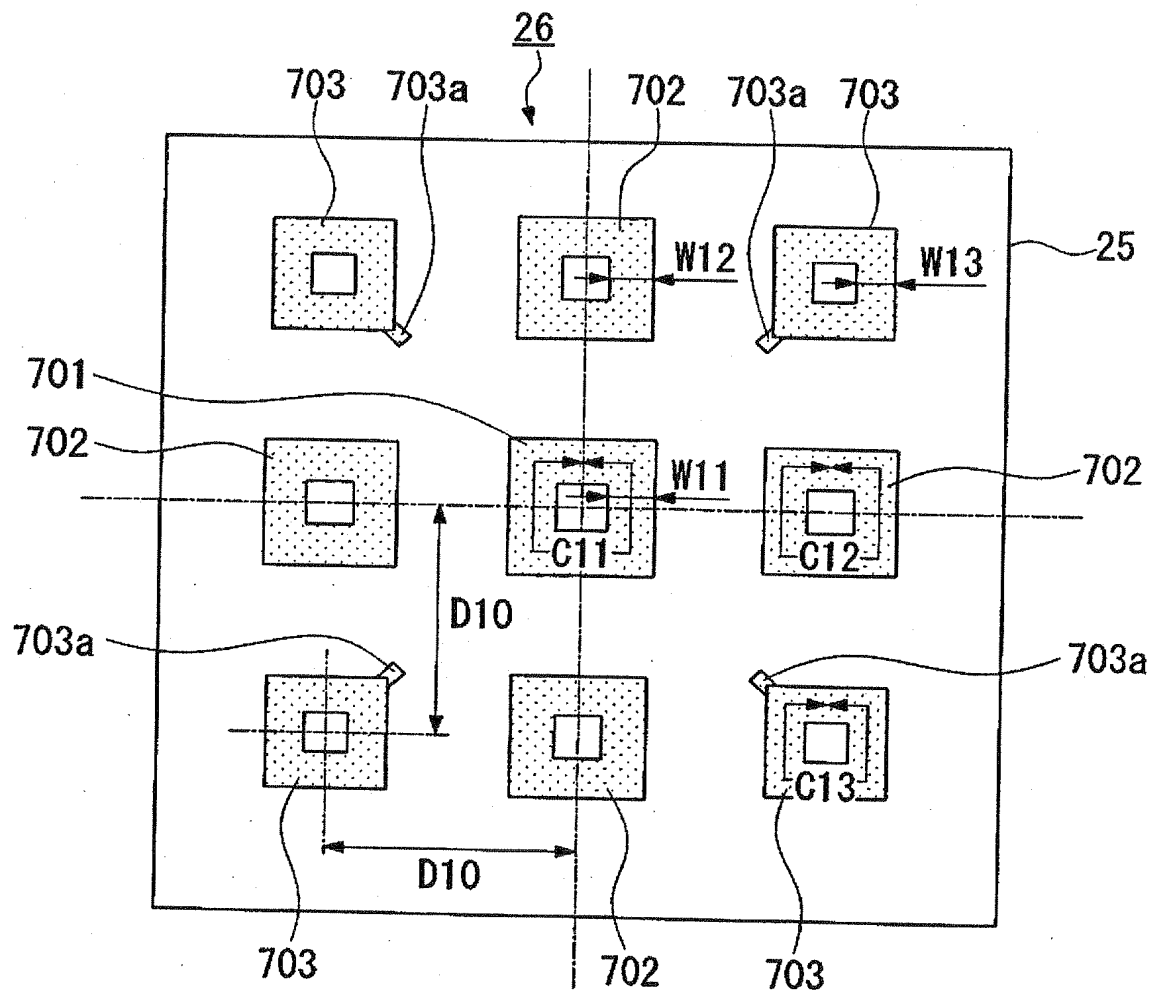
[図43]



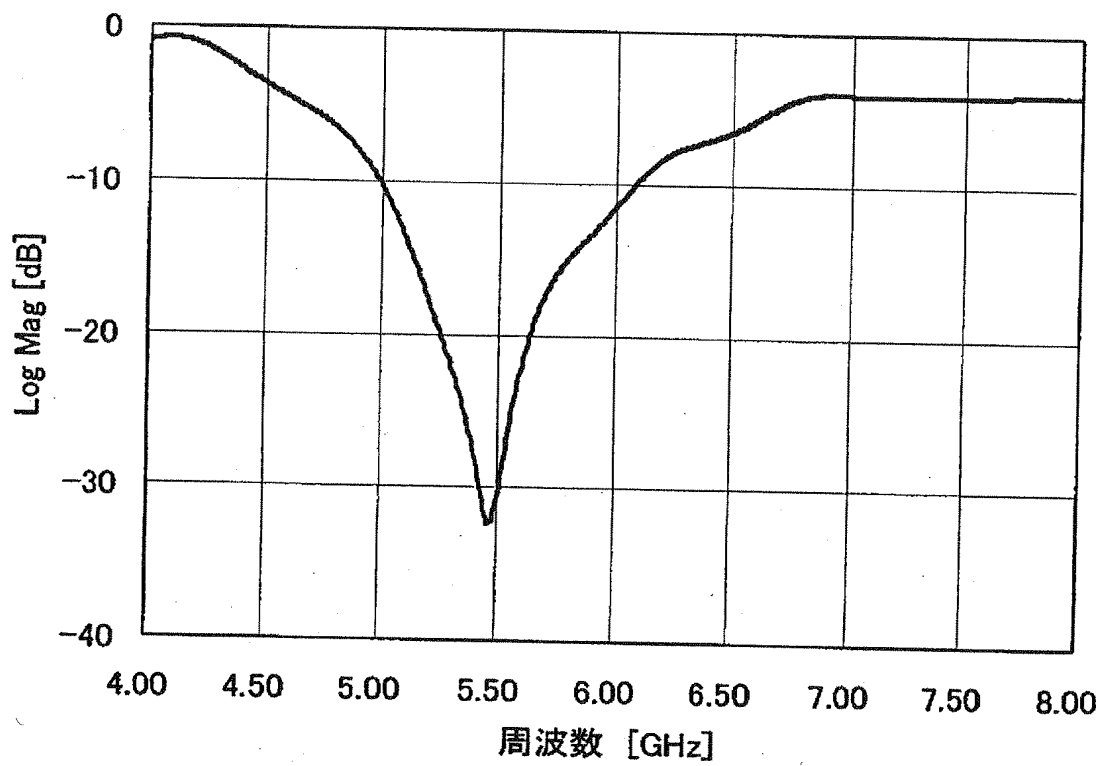
[図44]



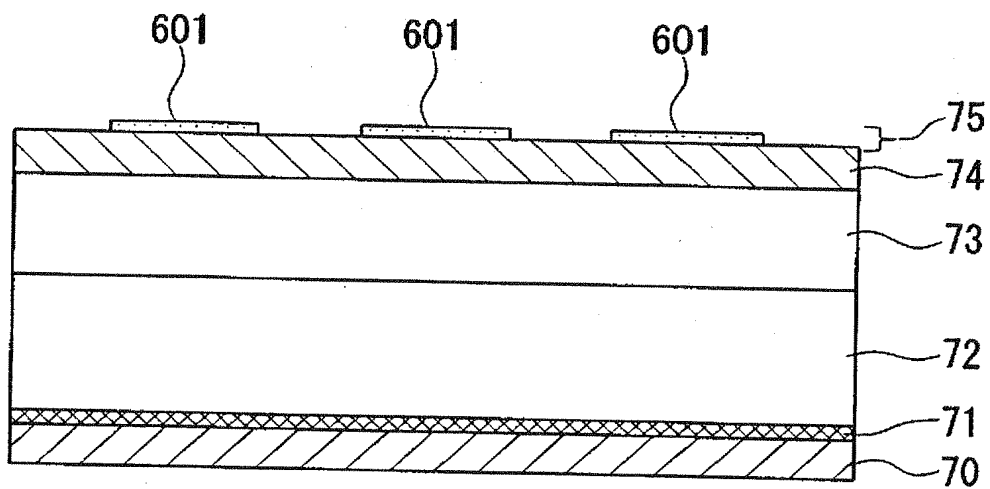
[図45]



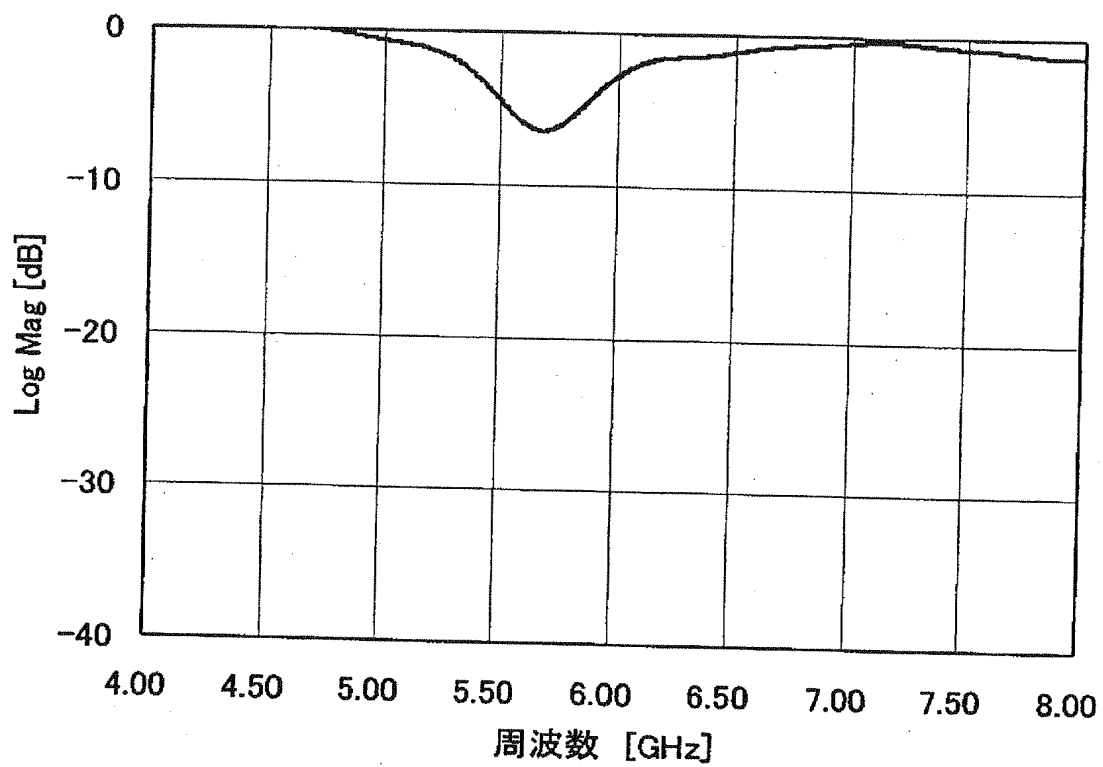
[図46]



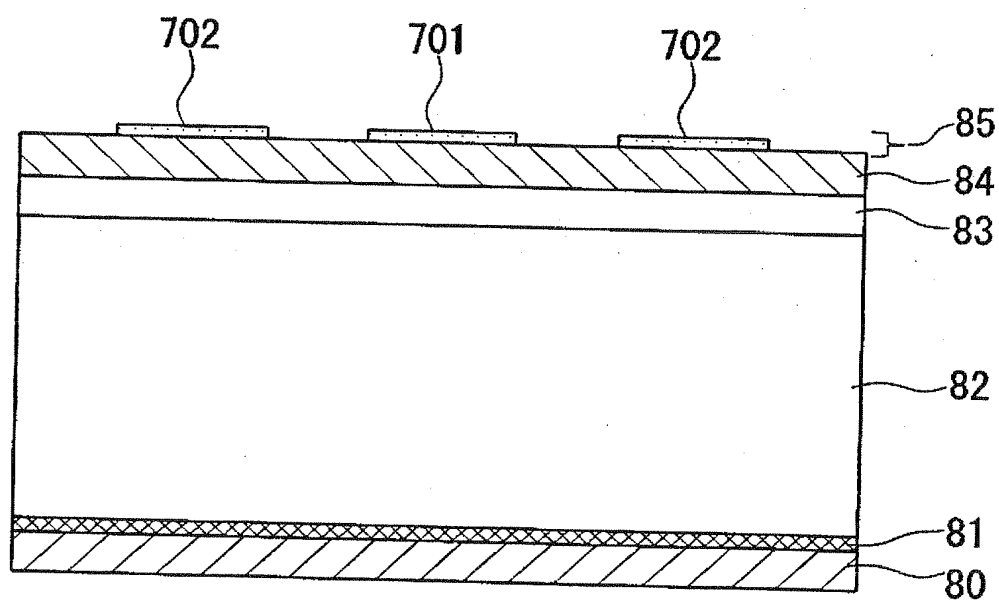
[図47]



[図48]



[図49]



[図50]

